



National  
Defence

Défense  
nationale



# On Target

## Ground Icing



Canada

## On Target

### DIRECTORATE OF FLIGHT SAFETY

Director of Flight Safety  
Colonel C. R. Bevilacqua

Editor  
Lieutenant Jeanine Lawrence

Assistant Editor  
Captain Stephen Pasquet

Graphics and Layout  
Corporal Eric Jacques  
Second Lieutenant Chris Cole

On Target is a focus magazine produced once per year by the Directorate of Flight Safety. It is distributed to subscribers of the Flight Comment magazine. The contents do not necessarily reflect official policy and, unless otherwise stated, should not be construed as regulations, orders or directives. Contributions and feedback are welcome for future issues of On Target. Contributions become the property of the Directorate of Flight Safety and may be edited for content, length or style.

Releasable effort has been made to obtain permission from photographers for the photos contained herein, but it has not been possible to locate and contact the photographer in every case. Please contact the editor if you are your photo and would like to have your credits inserted in the electronic copy.

#### Send submissions to:

Editor  
Directorate of Flight Safety  
NDHQ/Chief of the Air Staff  
Pearson Building  
681 Colonel By Drive  
Ottawa, Ontario Canada  
K1A 0K2

Telephone: (613) 993-6100  
FAX: (613) 993-6107  
E-mail: [Pasquet.LJ@forss.gc.ca](mailto:Pasquet.LJ@forss.gc.ca)

Subscription orders should be directed to: Publishing and Depository Services, PWGSC CORRIG, Ottawa, ON K1A 6G5, or by telephone: 1-800-836-7043

The annual subscription rate for Canada is \$10.00, or \$7.00 single issue; for other countries, \$10.00 US, single issue; \$7.00 US. Prices do not include GST. Payment should be made to Receiver General for Canada. This publication or its contents may not be reproduced without the editor's approval.

To contact DFG personnel on an EMERGENCY flight safety issue, please call an investigator who is available 24 hours a day, at 1-800-NUMEROUS-DFG (667-6337). The DFG website at [www.airforce.ca/canada](http://www.airforce.ca/canada) offers other points of contact in the DFG organization or write to [dfg@forss.gc.ca](mailto:dfg@forss.gc.ca)

ISSN 1916-0200  
A-39-659-0000-000

# Table of Contents

Foreword .....	3
Ground Icing Tombstone engineering? .....	4
The Icing Threat How the weather can hurt you .....	8
Aircraft Ground Icing Operations in Frost .....	14
Aerodynamics and Performance Impact There is no such thing as a little ice! .....	17
→ Bridge Collision in Washington .....	21
Give Me My Jet! Operational pressures to launch .....	23
→ Grace Under Pressure Good Show awarded to Captain Bonnie Blocka .....	24
Deicing Methods .....	25
→ What Lies Between the Controls Tutor incident .....	26
The Chemistry and Physics of Deicing and Anti-Icing Fluids .....	28
The Use of Deicing and Anti-icing Fluids During Aircraft Ground Icing Operations .....	31
Ground Icing for Helicopters .....	37
Equipment and Infrastructure Requirements for Ground Icing Operations .....	39
The View From The Bucket .....	41
→ Mirabel accident .....	43
Ramp to Runway Pilot decisions in ground icing operations .....	44
→ Challenger 604 accident at Birmingham, England .....	49
CF Operations from Commercial Facilities .....	50
Winter Operations It's all about situation awareness .....	52
Operations from Austere Locations .....	55
→ Third Time's a Charm SAR operations and deicing capability .....	55
Training for Ground Crew and Aircrew .....	57
References and Trail	
Emerging Technology	
Glossary .....	

## Acknowledgements

A number of knowledgeable non-DND individuals must be thanked for their contributions to this document's content. Their contributions included the provision of pictures, information, and written text. In no particular order, they are as follows: Mr. Kelvin Williamson, an expert in ground icing operations; Capt. John Horrigan, Air Canada, Flight Sciences; Mr. Clint Tanner, Bombardier, Flight Sciences; Mr. John D'Avirro of APS Aviation Inc. in Montreal; Mr. Michael Chaput of APS Aviation; Mr. Doug Ingold of Transport Canada; Mr. Ron Tidy of Transport Canada; and Mr. Barry Myers of Transportation Development Centre, Transport Canada.

Numerous members of Transport Canada's Standing Committee on Operations Under Icing Conditions (SCOUIC) have generously donated their time, experience and expertise to the establishment of the Icing Operations Standing Committee (IOSC). The cumulative knowledge contributed has been invaluable in the production of this document. Thank you!



# Foreword

## Colonel C.R. Shelley, Director of Flight Safety

I am pleased to see the release of this inaugural issue of *On Target* with its focus on ground icing. The Directorate of Flight Safety has a mandate to promote and educate on flight safety matters, and the production of specialty issues such as *On Target* is an excellent way to bring some light to bear on important safety concerns such as ground icing.

With their modern, powerful engines, sophisticated avionics and elegant, computer-designed aerodynamic structures, it may seem to some that today's aircraft are not affected by ground icing to the same extent as the aircraft of yesteryear. After all, de- and anti-icing fluids permit takeoff in more austere weather, and facilities and equipment are often readily available. But, we should not be fooled. Icing can be as deadly today as it ever was and, as a review of this issue will reveal, presents a continuing threat to aviation safety.

Part of the reason why ground icing is now an infrequent cause of aviation mishaps is the fact that we have learned from the hard lessons of the past and are less susceptible to making the same errors. Yet, as will be shown in some of the articles, serious accidents continue to occur due to icing conditions that either could have been avoided or were discounted as threats to safety. Our purpose in putting together this issue of *On Target* is to keep the subject of ground icing front and centre so that we do not fall prey to our forgetfulness of a threat that is as omnipresent as ever. This issue will also demonstrate the important work that is ongoing in the Canadian Forces and elsewhere to further reduce the threat that icing poses to aviation safety.

I look forward to the release of other *On Target* issues in the future, focusing on similar subjects of importance to aviation safety. ♦

## LCol A.M. Turkington and LCol Colin Keiver, Co-chairs of the Icing Operations Standing Committee

In June 2005, the Canadian Forces' Airworthiness Review Board (ARB) directed that the Icing Operations Standing Committee (IOSC) be formed to articulate gaps in the deicing program, to explore the requirement to introduce anti-icing fluids, and to refine associated operational procedures. Since then, the annual forum has served as the means through which many members of our military community come together to promote aviation safety in icing operations and thereby to increase operational capability. To this end, specialist working groups have been established to deal with training and standards, fluids, infrastructure, environment, and rotary wing icing concerns. A recent success of IOSC efforts was the establishment of anti-icing operations for both the *Hercules* and *Aurora* fleets, which, as of January 2008, are on the verge of approval.

One of the main ongoing goals of the IOSC is to foster and support communications and the sharing of information related to aircraft icing

operations, both on the ground and in the air. We have been greatly assisted in this effort by our civilian counterparts who have contributed their knowledge of current developments and best practices in this field. DND specialists are also actively involved in international committees and activities that are further advancing our knowledge. The IOSC website now contains a large amount of information that can be a valuable reference and training resource. We encourage feedback and hope that all CF members having concerns about icing operations will contact the IOSC through their website (<http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/Icing.html>) to share a report or make suggestions.

As co-chairs of the IOSC, we are pleased to see the focus on ground icing operations in the inaugural issue of *On Target*. As you will see throughout the issue, icing matters. ♦



# Ground Icing

## Tombstone engineering?

*By Alan White, P.Eng., Team lead, Flight sciences, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support*

### Why bother?

Why is the CF devoting significant effort to improve our operations in conditions of ground icing? After all, we have not had an accident related to ground icing since "forever"?

You probably belong to one of three categories of air or ground crew: (a) you have not seen any headlines in recent years about ground icing accidents, so you consider the problem solved; (b) you have been swapping tales at the bar about the time that your aircraft just cleared the trees after a dodgy decision to go; or (c) you are concerned that the CF capabilities and procedures are somewhat lagging the civil sector in managing the risk associated with departing in icing conditions. Those who fall under (c) should be congratulated: you are accurately aware of the state of Canadian Forces ground icing operations.

This article is intended to outline why the topic has received intense scrutiny and development effort over the last two decades and how the changes introduced by the large civil operators have clearly improved the safety record. Those changes are now being introduced into the CF, under the leadership of the Icing Operations Standing Committee (IOSC) with the

dual intention of increasing our operational capability as well as enhancing the safety of our crews and passengers.

### The accident record: Building to a tipping point

The number of ground icing accidents to airliners in the 1970s was building slowly, but several very high profile accidents in the 1980s really got the attention of the industry, the regulators and the public. See *Table 1* and *Figure 1* for a summary. The Washington Air Florida crash of 1982 into the Potomac River was a very well publicized accident with 78 deaths, including 4 who were not on the aircraft. Ground icing was believed to be a major contributor to the Gander DC8 accident in 1985 that resulted in 256 lives lost. In 1989 an F28 of Air Ontario attempted takeoff from Dryden, Ontario with snow on the wings and crashed, killing 24 and resulting in the setting up of a major public Moshansky Commission of Inquiry, as discussed later in this article. In 1991, in what became known as "the miracle at Stockholm," an MD 80 suffered flameouts of both engines shortly after takeoff as a result of ingesting clear ice shed from the wings. The aircraft was landed in a field and the fuselage



**Washington, 1982**

broke into three parts. Amazingly, no one was killed. Other notable accidents during this period were at Philadelphia (1985), Denver (1987), Cleveland (1991) and LaGuardia (1992). Numerous general and business aviation accidents also drew the attention of the industry specialists, but generally did not create much media and public attention. One listing of icing contamination takeoff accidents compiled in 2004 concluded that altogether, over 750 lives and 22 aircraft had been lost in the preceding 36 years.

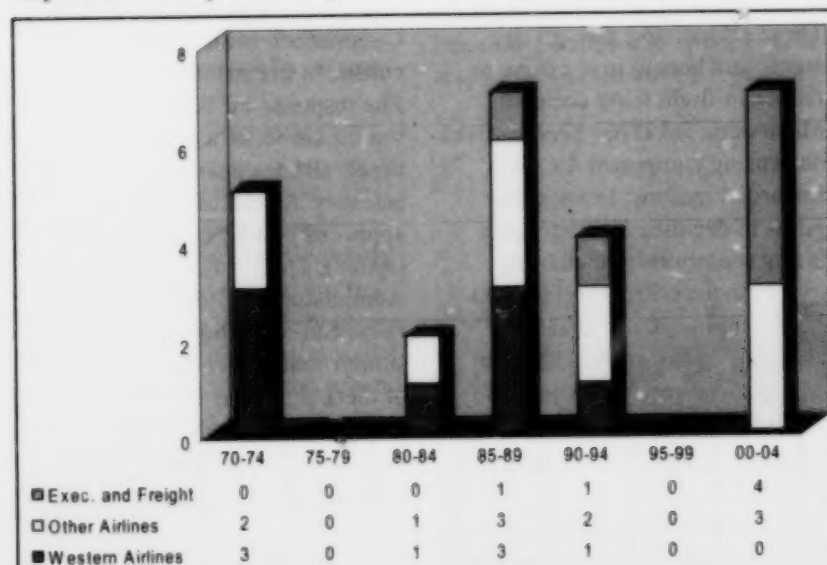
In Canada, the Dryden inquiry (also known as the Moshansky Commission) identified a large number of systemic failures in addition to the specific causes. The final report consisted of

YEAR	LOCATION	AIRCRAFT	CAUSE
2004	St. Louis	Harrier	Engines
2004	Montrose	Challenger	Snow
2004	China	RJ	Frost
2002	Birmingham	Challenger	Frost
2001	Edinburgh	Shorts 360	Engine
2000	Moscow	Yak 40	Snow, stall
1993	Skopje	F 100	Not decided
1991	Cleveland	DC 9	Ice, stall
1989	Seoul	F 28	Engine
1989	Kimpo, Korea	F 28	Engine
1988	Honshu, Japan	YS 11	Controls, aborted
1985	Philadelphia	DC 9	Ice
1985	Minsk	Tu 134	Engines

**Table 1:** A summary of serious accidents related to ground icing problems since 1985. **Blue:** executive and freight flights. **Yellow:** other airlines. **Red:** western airlines.

1700 pages in four volumes and contained no less than 193 wide-ranging recommendations. The government decreed that a major effort to improve safety

was required and has provided funding through Transport Canada for implementation of the Commission's recommendations. The construction of central deicing



**Figure 1:** A summary of serious accidents related to ground icing problems between 1970 to 2004. AAFs were introduced in the late 1980s, while icing programs were introduced in the western airlines in the early 1990s.

facilities (CDF's) at the major airports is an example of the changes arising from the Dryden Commission Implementation Plan (DCIP), which is still active now (winter 2007/2008).

### Deice and anti-ice fluids to the rescue: An emerging science

Despite glycol-based deicing fluids (ADFs) having been in use for many years, accidents – including several of the aforementioned – still resulted from misperceptions regarding an ADF's ability to provide protection for a period of time in continuing snow or other freezing precipitation. During the 1980s, the Europeans took the lead in developing a new type of fluid to be applied after deicing and with the capability to greatly increase the holdover time (HOT). This class of fluids is known as anti-icing fluid (AAF). These fluids were initially introduced with very little scientific study to determine either the real duration of the protection or the manner and time in which it flows off the wing during the takeoff roll. Clearly there was a need for a systematic approach to determining and safely utilizing the performance of all fluids and optimizing the associated procedures. The vehicle by which this has been achieved is the SAE "G-12" Ground Icing Committee, as described below.

As a result of the many accidents by the early nineties, the US National Transportation Safety Board (NTSB) had put icing issues at the top of the list of required Federal Aviation Agency (FAA) actions to improve the safety record. In response, the FAA provided funding to assist the aerospace and airline industries in the formation of the SAE G-12

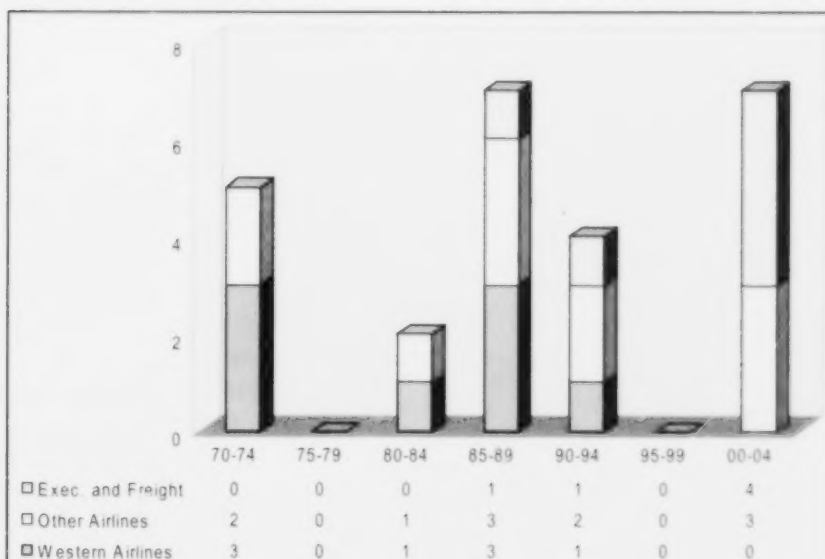


YEAR	LOCATION	AIRCRAFT	CAUSE
2004	St. Louis	Hansa	Engines
2004	Montrose	Challenger	Snow
2004	China	RJ	Frost
2002	Birmingham	Challenger	Frost
2001	Edinburgh	Shorts 360	Engine
2000	Moscow	Yak 40	Snow, stall
1993	Skopje	F 100	Not decided
1992	La Guardia	F 28	Ice, stall
1991	Stockholm	MD 80	Clear ice, engines
1991	Cleveland	DC 9	Ice, stall
1989	Seoul	F 28	Engine
1989	Dryden	F 28	Snow
1989	Kimpo, Korea	F 28	Engine
1988	Honshu, Japan	YS 11	Controls, aborted
1987	Denver	DC 9	Snow
1985	Philadelphia	DC 9	Ice
1985	Minsk	Tu 134	Engines
1985	Gander	DC 8	Snow

**Table 1:** A summary of serious accidents related to ground icing problems since 1985. **Blue:** executive and freight flights. **Yellow:** other airlines. **Red:** western airlines.

1700 pages in four volumes and contained no less than 193 wide-ranging recommendations. The government decreed that a major effort to improve safety

was required and has provided funding through Transport Canada for implementation of the Commission's recommendations. The construction of central deicing



**Figure 1:** A summary of serious accidents related to ground icing problems between 1970 to 2004. AAFs were introduced in the late 1980s, while icing programs were introduced in the western airlines in the early 1990s.

facilities (CDF's) at the major airports is an example of the changes arising from the Dryden Commission Implementation Plan (DCIP), which is still active now (winter 2007/2008).

## Deice and anti-ice fluids to the rescue: An emerging science

Despite glycol-based deicing fluids (ADF's) having been in use for many years, accidents – including several of the aforementioned – still resulted from misperceptions regarding an ADF's ability to provide protection for a period of time in continuing snow or other freezing precipitation. During the 1980s, the Europeans took the lead in developing a new type of fluid to be applied after deicing and with the capability to greatly increase the holdover time (HOT). This class of fluids is known as anti-icing fluid (AAF). These fluids were initially introduced with very little scientific study to determine either the real duration of the protection or the manner and time in which it flows off the wing during the takeoff roll. Clearly there was a need for a systematic approach to determining and safely utilizing the performance of all fluids and optimizing the associated procedures. The vehicle by which this has been achieved is the SAE "G-12" Ground Icing Committee, as described below.

As a result of the many accidents by the early nineties, the US National Transportation Safety Board (NTSB) had put icing issues at the top of the list of required Federal Aviation Agency (FAA) actions to improve the safety record. In response, the FAA provided funding to assist the aerospace and airline industries in the formation of the SAE G-12





**Denver, 1987**

Source: [www.baaa-acro/photos/DC-9-Continental-Denver.jpg](http://www.baaa-acro/photos/DC-9-Continental-Denver.jpg)

committee. This committee is still extremely active, with specialist working groups dedicated to all aspects of icing operations. Participation is international and from all sectors of the industry, including manufacturers, operators and regulators. Canadian participants have come to play a leading role: all fluids are now tested in Canada and approved against SAE standards (AMS 1424 for Type I deicing fluids and AMS 1428 for Types II, III and IV anti-icing fluids). The holdover times published and used worldwide are also derived from Canadian testing.

### **Research and other development efforts**

The one common contributor to any ground icing accident or incident is the weather itself. The international

research and development (R&D) effort that has taken place over the last two decades has included a major component focused on understanding the threat environment. Government research establishments and meteorological services have been steadily improving the measuring tools and atmospheric modelling. Their objective is to improve the accuracy and timeliness of current conditions reporting and the short term forecasting. This is critical in determining the HOT for a fluid. These efforts have also given significant benefit in the drive to reduce in-flight icing accidents. Much other R&D has been focused on sensing equipment for many important reasons: to assist the pilots in deciding whether there is any contamination adhering

to the critical surfaces; to minimize the amount of glycol needed to achieve the takeoff; to provide alternatives to the use of glycol; and to ensure that regulatory requirements keep pace with the better understanding that all this work has made possible. There are regular

international forums to share the information and Transport Canada convenes an annual meeting called the Standing Committee on Operations Under Icing Conditions (SCOUIC) to keep Canadian operators, airports and service providers fully abreast of developments. Our own IOSC has received an enormous amount of assistance from the SCOUIC members<sup>1</sup>.

### **Putting it all together: Approved ground icing programs**

One of the most notable features of almost any recent aviation accident report is the broad spread of the topics that need to be addressed, ranging from specifically technical issues to training and human factors. The findings of the Moshansky Commission illustrated that ground icing is an even more complex matter than most aviation challenges. For example, the coordination between ground service providers, flight crew, and air traffic controllers is a critical element. Additionally, the Commission heavily criticized the culture in the airline at the time. The response by Transport Canada was to introduce a requirement for all airlines operating transport category aircraft to create an approved ground icing program (AGIP). The US Federal Aviation Administration (FAA) and European regulators have adopted similar requirements. The purpose of these programs is to ensure that standards for every part of the process have been defined, suitable equipment is available,



**Dryden, 1989**

Photo: Transport Canada

<sup>1</sup> We gratefully acknowledge the outstanding assistance the SCOUIC members have provided to the IOSC.



**Stockholm, 1991**

and that all personnel are trained appropriately. AGIPs also allow airlines and service providers to understand each other's needs and capabilities and to confirm that the necessary standards are being met. Transport Canada has published the TP 14052E *Guidelines for Aircraft Ground Icing Operations* (GAGIO). This is a comprehensive description of the elements required in the construction and ongoing management of a ground icing program.

### Results?

In the ten years leading up to 1992, there was typically one major airline accident with large loss of life almost every year. Between 1992 and 2007 there have been no accidents to any of the airlines that have adopted the structured ground icing programs, as previously described. The major airports in Canada are now mostly equipped with central deice facilities, enabling greatly improved quality control in the application of fluids and a controlled traffic flow from the pad to the runway. Currently,

the environmental concerns over glycol escape into groundwater are being addressed much more aggressively. The amount of fluid used for each deicing has been steadily reduced without reducing the safety margins, and fluid recovery and recycling programs are becoming ever more effective.

The picture does not look so good when you include general and business aviation and operations in less sophisticated airline regulatory

environments. In these areas the accidents continue, although they tend not to attract the attention of our mainstream media. There is still much to learn about ground icing and the challenges associated with getting safely airborne during the winter season.

### Canadian Forces operations: Where are we at?

"The devil is in the details" is a good phrase to summarize ground icing and the necessary attention to detail required to ensure safe operations. We are entering a new era in the CF with the concerted effort to catch up to the best practices developed by our civil counterparts and increase our ability to provide operational capability in adverse winter conditions. There are some highly visible manifestations of this, such as the introduction of anti-icing fluid use on our bases, but along with that comes the need for focus on the less glamorous work such as developing training and standards. Bear in mind that those best practices are constantly evolving and being refined, so we have a moving target! ♦



**Birmingham, 2002**

# The Icing Threat

## *How the weather can hurt you*

*By Malcolm Imray, P. Eng., Flight sciences engineer, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support*

**L**iving and working in one of the world's coldest countries frequently exposes Canadians to weather threats that many others only experience occasionally. In civil and military aviation, icing and other cold weather issues make ground and in-flight operations more hazardous than warmer climes. The focus of this article is to outline the nature of these threats and how they vary throughout the country. Of course, these issues are not unique to Canada; the Canadian Forces aircraft and their crews may encounter these conditions in many other locations around the globe, sometimes even in usually warm places!

The main hazard to flight safety in these conditions is the contamination of aircraft critical surfaces. Contamination occurs when something adheres to the surface of an aerodynamically important part of the aircraft and changes its shape, thereby altering its ability to produce forces such as lift and drag. Overall performance penalties are also consequences of contamination. Contaminants include dead insects on wing and rotor leading edges, dirt and dust on wings, tails, engine inlets and compressor blades, but most significantly, frozen water on any of those surfaces. It's the frozen water in various forms that has the

greatest impact on most operations because it alone has the capacity to adhere then accumulate great mass and volume over a very short period of time even when the aircraft is not moving.

Of course, frozen water can take several forms such as frost, snow, freezing rain, ice pellets and fog, depending on the conditions under which it is created. In relation to ground icing, this article will discuss only those threats that require deicing and/or anti-icing or a decision not to take off. The ground icing conditions for which holdover time (HOT) tables are published by Transport Canada are active frost, freezing fog, snow or snow grains, freezing drizzle, light freezing rain, rain on cold-soaked wing, and "other"<sup>1</sup>. Pilots and ground crew need to understand what each of these conditions really is in order to use the HOT tables properly. Each of these phenomena is discussed below.

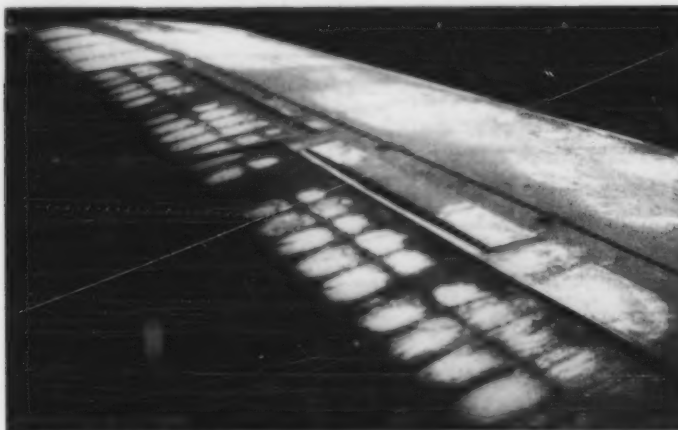
### **Frost - beautiful but deadly (ref. page 14)**

Frost is a normal fact of life in Canada and elsewhere around the world. Just a small amount of frost can have a remarkably detrimental

effect on lift, drag and thrust. All that is required for frost to form is a combination of sufficient humidity and a surface at low enough temperature to trigger the conversion of water vapour directly to ice without going through the liquid water phase; this is called deposition.

Hoar (or radiation) frost is the most familiar form that is created when a surface loses heat through radiation cooling, usually overnight under calm and clear sky conditions. The surface temperature actually drops below the ambient air temperature, which then cools the adjacent air and causes any water vapour to deposit on the surface as frost. The higher the humidity, the more frost accumulates. The bond between frost and the surfaces, such as the windows of our cars and the wings of our aircraft, is remarkably strong and requires a lot of energy to break. Because the water vapour goes directly to the solid phase, the ice that is formed is not smooth but consists of individual crystals piling up on each other and forming a white, textured surface that may not even be continuous. The resulting surface roughness also varies depending on the humidity, temperature and the time over which the accumulation continues. Recall that even a frost layer with the roughness of medium grit sandpaper

<sup>1</sup> Heavy snow, snow pellets, ice pellets, moderate and heavy freezing rain, and hail



*Patchy frost on a wing.*



can reduce lift by 30% and increase drag by 40%, particularly if located near the leading edge of a lifting surface.

Usually, we see radiation frost disappear naturally after the sun comes up and the frost turns from ice crystals directly back to water vapour again without going through the liquid water phase; this is called *sublimation*. But frost does not always sublimate so easily; so-called active frost conditions may persist under various combinations of temperature and humidity. If the frost formation is due to advection rather than radiation cooling, then

active frost conditions may persist even when the sky is not clear and air not completely calm. Advection is the transport of warmer or colder air to regions where the opposite exists. Such transport may create conditions conducive to the continuous production of frost. Under active frost conditions, not only is deicing essential, but anti-icing must be considered in order to assure a safe takeoff.

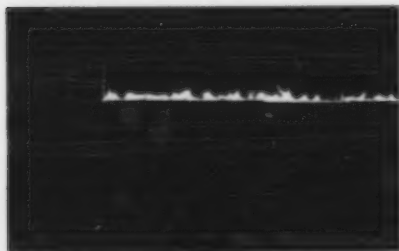
Active frost is one of those circumstances in which active ground icing conditions may prevail even though no in-flight hazard exists. When humid air is flowing quickly over a cold surface either due to wind over a stationary aircraft or due to the motion of the aircraft through the air, the frost does not have a chance to form due to the limited time available for the required heat transfer from the water vapour. However, if the aircraft is sitting still on a calm day with high humidity, frost can reform very quickly and must be both removed and prevented from forming again. As we have seen in some accidents (e.g. Birmingham, 2002 – see page 49), frost may sublimate or be melted from one side of the aircraft and not the other depending upon how it is exposed to the sun or other sources of heat. This can create a state in which one wing is much less

capable than the other of producing lift and the aircraft may not be controllable after takeoff.

### **The Cold-Soaking Phenomenon**

It is possible for frost to form even when the ambient temperature is well above freezing. Remember, all that is necessary is a cold surface in contact with moist air. If your aircraft has very cold fuel that is in contact with the exterior surface, frost will form on that surface if the humidity is high, even when the air temperature is well above freezing. This can occur as a result of fuel in the wing tanks being “cold-soaked” while flying at high altitudes followed by a descent and landing at a warm but humid location. Under these circumstances, frost can be expected to form on the lower surface of the fuel tanks. Uplift of very cold fuel to an otherwise warm aircraft may have a similar effect. Imagine removing the aircraft from a warm hangar where you parked it to avoid frost in the first place, only to see frost form after you filled it up with fuel that has been cold-soaked in a bowser!

This effect can have devastating consequences for some aircraft when rain (not even freezing rain) is present. For those aircraft, liquid rain sitting on the wing can be



*Frost roughness*



*Moderate frost distribution*



cooled to sub-zero temperatures by the fuel contained within them and form ice that is perfectly transparent, smooth, and consequently difficult to detect visually. The presence of such ice may or may not have a large effect on the aerodynamic performance of the aircraft because it is located in an area far from the leading edge *as long as it remains intact and smooth*. However, the wing that the ice is adhering to will flex under flight loads and break up the brittle ice. Shed pieces of ice may strike other structures or enter engine inlets and create havoc. Thus the cold-soaking effect may also require the use of anti-icing fluid in a circumstance where no apparent ground or in-flight icing threat exists and the temperature is well above freezing!

Note that the HOT tables provide a separate list of times applicable to this special case of "rain on a cold-soaked wing". The vulnerability to this threat depends on the aircraft type.

### Freezing Fog, Drizzle and Rain:

Fog is a close relative of frost. It forms by radiation, advection, or adiabatic cooling of moist air to its dew point. Under this condition, the water vapour condenses and forms water droplets. If this happens far above ground it's a cloud; near the ground it's fog. If the air temperature is below freezing, the water droplets may not freeze until they strike an object. In this state they are said to be *supercooled*. Once a supercooled droplet comes into contact with something, it will freeze. This is the same phenomenon as freezing rain and many forms of in-flight icing, particularly near the tops of convective clouds where supercooled droplets are just waiting for something to hit them so they can

freeze! Note that unlike frost, the resulting ice is generally smooth and transparent; what pilots would call clear or glaze ice.

If the supercooled droplets become large enough, they begin to form drizzle, a very light precipitation. Freezing rain is created by a different process: snow falling into an area of warm air aloft melts to form water droplets which then fall into sub-zero air near the ground. These water droplets are, of course, supercooled and freeze upon contact. Because the droplets are bigger, the ice accumulates faster. Unlike frost, freezing fog, drizzle, and rain present both ground and in-flight icing hazards.

The resulting ice accumulation is often smooth and clear, so it may be difficult to visually detect because the surface may simply look wet. Careful use of deicing and anti-icing techniques and the critical surface inspections necessary to confirm their effectiveness are essential under these conditions. From the perspective of someone on the ground, freezing drizzle and light freezing rain are difficult to distinguish except in terms of the rate of ice accretion. This distinction can affect the go/no-go decision. When freezing drizzle is reported, pilots need to pay particular attention to the rate of accretion and whether or not conditions conducive to freezing rain exist such as the presence of a temperature inversion. METAR reports may not provide sufficient information for this decision.

On each HOT table the following note reflects this difficulty: "*Use light freezing rain holdover times if positive identification of freezing drizzle is not possible.*"

Furthermore, pilots also need to assess the intensity of the freezing rain because accretion in freezing rain any greater than "light" is beyond the ability of current anti-icing techniques to deal with. No holdover times are published for those conditions nor are any aircraft ice protection systems capable of dealing with the in-flight accretions in moderate freezing rain. Again, the METAR report may not give sufficiently accurate data to make this determination.

### Snow and Snow Grains

Along with frost, the most common winter weather phenomenon that we experience in Canada is snow. It is said that our Inuit people have a vast number of ways of describing the characteristics of snow because its properties and behaviour can vary so widely. Traditionally, those properties have been important to the activities of daily life in the far north. Though we don't have such a large vocabulary at our disposal, it is important to try and characterize snow conditions for ground icing purposes as well. The essential questions that need answering are



Ice on a wing due to freezing rain

1) how much snow is on the critical surfaces; (2) is it sticking to them; and (3) will more snow stick after we remove what's already there?

One major factor in determining the properties of snow is the temperature. In very cold temperatures, snowfall is generally characterized as "dry". This means that the crystals forming the snow are frozen and temperature is well below the melting point. Dry snow falls in characteristically small snowflakes. An accumulation of dry snow that is subsequently melted to measure its liquid water equivalent (LWE) will yield a relatively small amount of water (the ratio of snow depth to water will be in the range of 10-30:1). Dry snow tends not to stick to surfaces unless its temperature is raised or it is mixed with some liquid. Thus as dry snow falls on to a warm surface it may become wet and, as that surface cools, refreeze and adhere to the surface.

Wet snow can occur in more moderate temperatures.

This is snow that has much higher liquid water content and crystals that, though frozen, are only slightly below freezing temperature. Because it is wet, this snow tends to agglomerate and characteristically falls in large flakes that readily stick together. The LWE of wet snow is much greater than dry snow with snow to water depth ratios typically around 5:1.

The other major factor relevant to snowfall is the precipitation intensity or rate; in other words, the amount of snow falling at a particular location over a defined period of time. For most aspects of aviation, the safety

hazard presented by snow, fog, rain and other obscuring phenomena is reduced visibility. Pilots need to see in order to taxi, take off and land the aircraft safely. Therefore, snowfall intensity is typically reported in terms of its effect on visibility. For the purposes of ground icing, however, it is the LWE that is important. Furthermore, it is the LWE that is used to determine the figures published in the HOT tables.

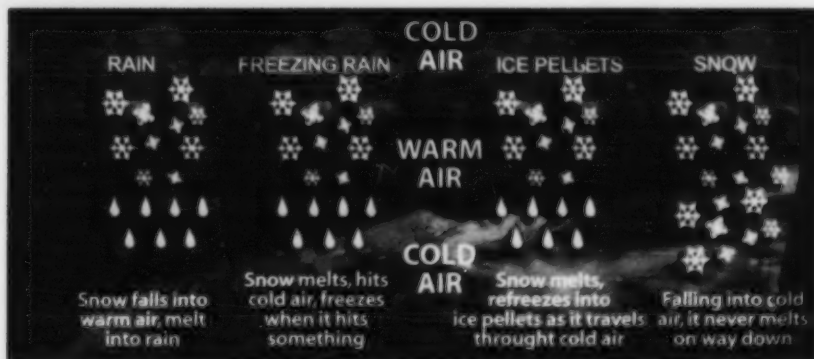
The problem here is that the pilot gets an idea of snowfall intensity based on visibility but has to use a HOT table based on LWE. For this reason, a chart that provides a means to bridge the gap is published along with the HOT tables. *Figure 1* is from the 2007/2008 HOT tables published by Transport Canada. It can be seen that if the daytime visibility in snow is reported as 1 statute mile and the temperature is at the freezing point, the pilot should use the HOT times for "moderate" snow. At night, however, the same reported

visibility and temperature would have to be interpreted as "heavy" snow. The reason is this: imagine the weather observer using a distant lamppost to determine the visibility. In daylight under conditions of snow that meteorologists consider "moderate" based on the LWE, the observer can just make out the lamppost when it is 1 statute mile from his position. With no change in snowfall intensity but as darkness falls and the light on the lamppost is turned on, the observer can readily see it. The snowfall intensity has to increase to "heavy" before the observer begins to have difficulty seeing the light. A similar effect can be seen when considering observations made at lower ambient temperatures. Snowfall under colder conditions has a lower LWE than at warmer temperatures. Clearly, this requirement to convert from one form of observation to another introduces additional uncertainty into the ground deicing decision-making process.

VISIBILITY IN SNOW VS. SNOWFALL INTENSITY CHART <sup>1</sup>						
Lighting	Temperature Range		Visibility in Snow (Statute Miles)			
	°C	°F	Heavy	Moderate	Light	Very Light
Darkness	-1 and above	30 and above	≤1	>1 to 2½	>2½ to 4	>4
	Below -1	Below 30	≤¾	>¾ to 1½	>1½ to 3	>3
Daylight	-1 and above	30 and above	≤½	>½ to 1½	>1½ to 3	>3
	Below -1	Below 30	≤⅜	>⅜ to 7/8	>7/8 to 2	>2

1 Based on: *Relationship between Visibility and Snowfall Intensity* (TP 14151E), Transportation Development Centre, Transport Canada, November 2003; and *Theoretical Considerations in the Estimation of Snowfall Rate Using Visibility* (TP 12893E), Transportation Development Centre, Transport Canada, November 1998.

**Figure 1:** Chart provided with HOT tables to determine the snowfall intensity given the temperature and visibility in either daylight or darkness. Source: Transport Canada



**Figure 2:** The development of different forms of precipitation.

## Other ground icing conditions

The HOT tables list “Other” conditions as including heavy snow, snow pellets, ice pellets, moderate and heavy freezing rain, and hail. These are conditions for which no anti-icing protection information is available. Essentially, this means that it is not possible to reliably predict how long an anti-icing fluid will continue to perform under the listed conditions. Ice pellets are formed under similar conditions to freezing rain with the exception that the supercooled droplets freeze before striking a surface. In October 2007, some limited “allowance times” for ice pellets were published for the first time. However, use of these allowances was in the earliest stages of implementation as of early 2008.

## Mixed and variable conditions

Life is never as simple as it might be. From a ground icing perspective, this takes the form of mixed conditions that may also vary from time to time. You may think you just need to remove a layer of frost from the aircraft on a very cold day using a suitable (i.e. low LOUT<sup>2</sup>) Type I aircraft deicing fluid (ADF), only to

find that shortly after doing so, dry snow has begun to fall. Normally dry snow on a cold aircraft presents no problem because it does not stick and is therefore not a contaminant. The problem is that the fluid is causing the dry snow to become a wet and sticky mess, or that the skin temperature of the aircraft has been raised enough to cause the dry snow to become wet snow!

Other forms of precipitation including ice pellets often accompany freezing drizzle and rain; snow intensity has a habit of changing from light to moderate and back again. All of these factors conspire to make the decision-making process rather complex and fraught with the potential for errors. Conservative application of deicing and anti-icing techniques and use of the HOT tables is the only way to assure safety under such conditions.

A very common mixed situation occurs when deicing an aircraft that appears to be covered in snow when in fact there is a layer of frost or ice underneath the snow making the deicing operation much more difficult.

## Distribution of ground icing threat conditions in Canada

The ground icing threats described above have all been observed in Canada, but of course some

areas get more snow, while others see freezing precipitation more frequently. Figure 3 was produced by Environment Canada to depict how much of each of the hazards discussed is encountered at various locations across the country.

Notice that frost and dry snow are the most frequently encountered threats. St. John’s wins the prize for most freezing rain and freezing drizzle while Yellowknife experiences lots of dry but very little wet snow. Vancouver gets little snow but much of it is wet. So location has a big effect on what type of ground icing threat is likely to be encountered, but never forget that all threats can occur almost anywhere.

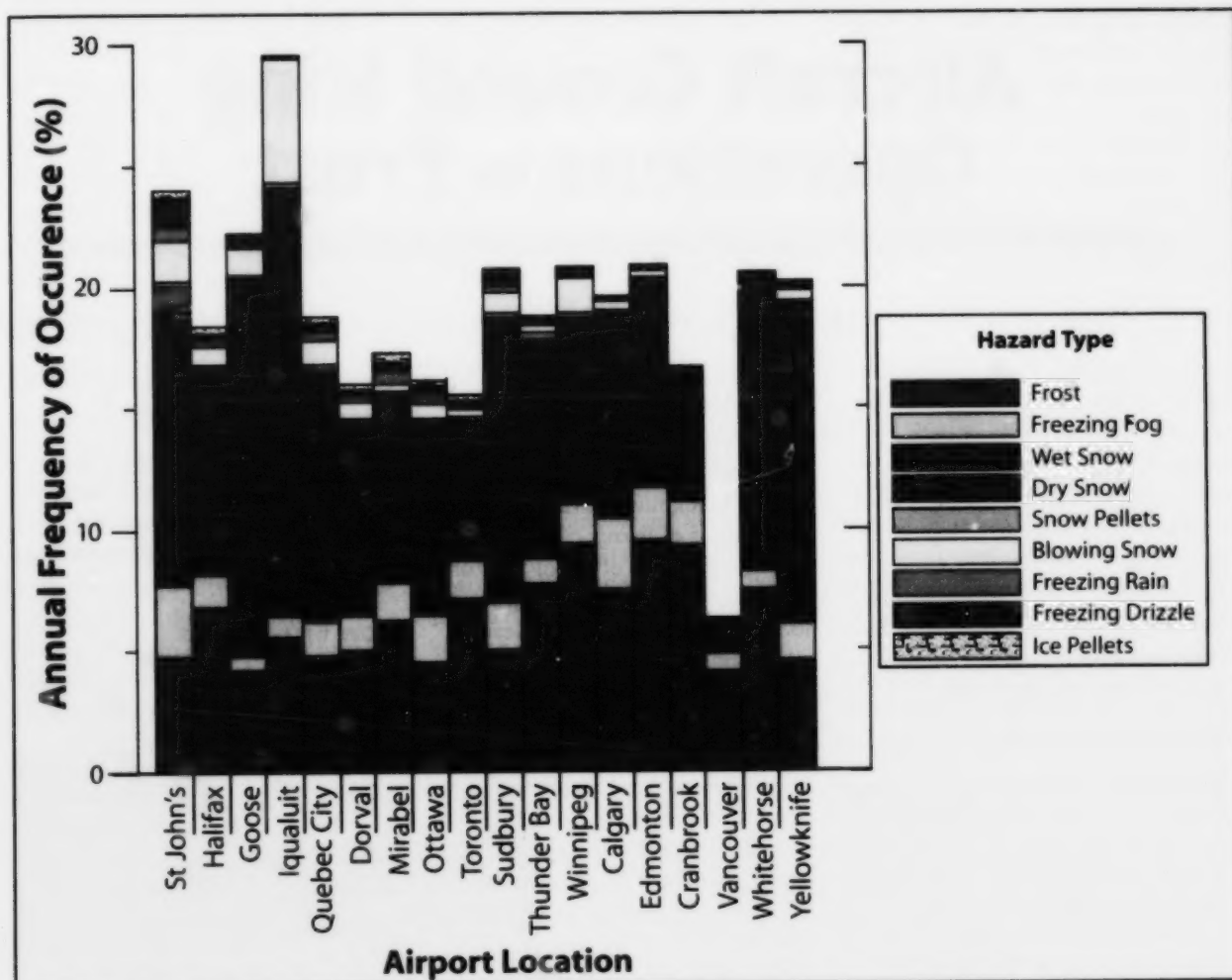
## Localized effects

Many of the weather phenomena presented can vary considerably over a very short distance. This is particularly true of freezing precipitation and whenever the general weather situation is changing. The airport weather observer may see moderate snow at his or her location while over at the main apron the snow is only falling lightly. Freezing rain is very hazardous both on the ground and in flight, but may only be a problem for the first 200 feet of altitude above the airport.

## Weather reporting and “nowcasting”

It has been pointed out that the standard aviation weather report – the hourly METAR – may not provide data with sufficient precision to allow the kind of decision-making necessary based on mixed, variable and localized conditions described. In situations of significant weather changes, a special version of the METAR designated SPECI will be issued. However, even a SPECI report

<sup>2</sup> LOUT: lowest operational usage temperature



**Figure 3:** The average time for each type of hazard at locations around Canada as a percentage of the total time.  
Source: Stuart and Isaac, 1994, ICAO Journal

cannot deal adequately with localized effects nor can they be issued as rapidly as conditions can vary. It therefore falls to pilots and others to assess the conditions that they are actually experiencing in order to augment the information obtained from METAR and SPECI reports.

As previously noted, the fundamental differences between visibility reported in a METAR and liquid water content used to determine HOT for snowfall intensity is a problem. These and other issues have prompted research activities aimed at removing much of the uncertainty associated

with measuring the ground icing hazard and making the information available in a timely and useful form to air and ground crews. For example, Environment Canada is developing "nowcasting" systems that will measure liquid water content of precipitation at multiple locations around airports and report those measurements several times per hour. In addition to reporting current conditions the system will produce short-term local forecasts. As of early 2008, these products are being tested at several locations around the country. For further information, see the nowcasting project website at [www.canadian-](http://www.canadian-airport-nowcasting.org)

[airport-nowcasting.org](http://airport-nowcasting.org).

Other researchers are working on automatic ground icing detection systems (GIDS) to make much more reliable assessment of the presence of ice and the status of fluids based on actual measurements rather than times extracted from the HOT tables.

## Conclusion

As in other aspects of the ground icing picture, the meteorological state of the art is constantly advancing, and it is important that all those involved in icing operations stay abreast of the latest developments. ♦



# Aircraft Ground Icing Operations in Frost

By Ken Walper, P.Eng., Mechanical systems engineer, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

**F**rost is nothing new for most Canadians. It would be difficult to even imagine a born-and-raised Canadian that had never encountered frost. But what is frost and how does it form? What effect does it have on aircraft? How can it be prevented from forming on my aircraft, or how can I remove it once it forms? This article will address each of these points in turn.

## Definition of Frost

The Society of Automotive Engineers (SAE) sub-committee AC-9C defines frost as "ice crystals formed on a surface by water vapour deposition from the atmosphere." Transport Canada expands on this, describing frost as "a thin white deposit of frozen precipitation which is of fine crystalline texture, that adheres to exposed surfaces usually during below freezing, calm winds, cloudless nights with air of high relative humidity and with no precipitation falling. Often the frost deposit is thin enough for surface features underneath, such as paint lines, to be distinguishable."

## Frost Effects on Performance and Handling

Frost is a nasty contaminant. It can appear jewel-like, but don't be fooled by its innocuous appearance: it can be lethal. The biggest impact on aerodynamic performance is a result of the roughness created by these contaminants on the lifting surfaces.

Frost is very rough aerodynamically. The height and close spacing of frost crystals over a wing surface can be such that it disturbs the airflow much more severely than other forms of frozen contamination. The aerodynamic effect of frost on lift is most pronounced when frost is located on or near a wing's leading edge, and the lift loss effect is the most severe for aircraft without leading edge devices. Frost's impact on drag is most severe when it is distributed extensively over an aircraft. In this case, the aircraft is unlikely to achieve a predicted climb gradient. Thus, frost affects an aircraft's performance and handling qualities and can prove to be lethal irrespective of the size of the aircraft involved.

Lift can decrease by as much as 30% with an attendant rise in drag by as much as 40%. Airflow disturbance caused by frost can also result in control difficulties, especially if the frost is asymmetrically distributed from wing to wing, such as might be the case if one wing was in the early morning sunlight and the other was in the shade.

Transport Canada has indicated that "despite the requirement to clean contamination from critical surfaces, it is acceptable for aircraft including those with aft fuselage mounted engines, to take off when hoarfrost is adhering to the upper surface of the fuselage if it is the only

remaining contaminant, provided all vents and ports are clear."

Further information on frost is contained in the Transport Canada document TP 14052E, entitled *Guidelines for Aircraft Ground Icing Operations*<sup>1</sup>.

## How Frost forms

Frost forms by deposition of water vapour onto a surface directly from vapour to solid without passing through the liquid stage. Deposition occurs when a surface's temperature falls below the frost point of the air above it. The surface can be cooled to below the frost point in several ways including cold soaking the wing or radiation cooling.

The formation of frost does not require 100% relative humidity. In fact, Transport Canada tests suggest that the most rapid frost formation occurs near 75% relative humidity. Testing sponsored by Transport Canada has further revealed that the upper surface of a wing can be as much as 8°C colder than the ambient air temperature due to radiation cooling at night. Operational crews need to be aware that these conditions are conducive to the formation of frost. The lower the outside air temperature, the more tenaciously the frost appears to adhere to the surfaces.

<sup>1</sup> [www.tc.gc.ca/CivilAviation/commerce/HoldoverTime/TP14052/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/CivilAviation/commerce/HoldoverTime/TP14052/menu.htm)

Frost can form on the upper and lower surfaces of wings that have their fuel tanks filled with below-freezing fuel. The fuel "cold soaks" the wing by cooling the wing's surface to below the frost point temperature. The moisture in the air then freezes on contact with the wing, forming frost. This mechanism for the formation of frost can often be the most unexpected for operational crews.

### Frost Occurrence history

Frost occurs very frequently in Canada during the winter icing season. In some regions of Canada, such as the far North, frost can be the dominant form of aircraft contamination during winter operations. Two of Canada's busiest airports, Toronto Pearson and Montreal Trudeau, report that "frost

only" conditions constitute 30% of their deicing activity. This value may be much higher in the Canadian North.

### Frost Detection

Aircrew need to learn to identify when conditions conducive to frost formation exist and be particularly vigilant during preflight inspections. Frost is easily detected visually in good light, but it is difficult to detect if lighting is poor such as in low-contrast lighting conditions (e.g. morning or evening on a cloudy day) or at night. While the frost roughness isn't always immediately evident, it is often the frost sparkle noticed during a walk-around that alerts the flight crew to its presence. A tactile inspection with the un-gloved hand will immediately reveal the roughness of

the frost. In the future, electronic ground ice detection system (GIDS) technologies may provide a highly reliable way in which to detect the presence of frost or other frozen contaminants.

### Avoiding Frost

It is not generally possible to alter

nature by dismissing the conditions conducive to frost formation, but it is possible to take steps in preventing the formation of frost. Perhaps the single most effective method for preventing frost is by leaving the aircraft in a heated hangar. But this is very often not possible and may depend on the operational location, the size of the aircraft, the costs, the utility of the airfield, and operational considerations among others. Some smaller aircraft such as the *Twin Otter* may have wing and tail sleeves for overnight frost protection when the aircraft is left outside. At some major Canadian airports, aircraft anti-icing fluid (AAF) is placed on the wing upper surfaces of large commercial transport aircraft to prevent the formation of frost when they are left outside on the ramp overnight.

### Removing Frost & protecting the aircraft

Frost must be removed from an aircraft's critical surfaces prior to flight. Transport Canada specifies the critical surfaces to be the wings, control surfaces, rotors, propellers, upper surface of the fuselage on aircraft that have rear-mounted engines, horizontal stabilizers, vertical stabilizers, and any other stabilizing surfaces of an aircraft.

Takeoff may be permitted for some aircraft when frost has formed on the lower wing surface due to the presence of cold-soaked fuel in the tanks. This frost is typically acceptable to a thickness of 1/8 inch and there must be no frost outside of the wing tank area; after which the frost must be removed prior to takeoff.

There are a number of ways in which frost can be removed from an aircraft, a few of which will be discussed here.



Frost on the lower surface of a cold-soaked wing

Various mechanical frost removal methods have been used over the years with varied success rates. Providing that the aircraft surfaces, angle of attack vanes, pitot-static heads, and other vulnerable components aren't damaged, it may be possible to completely remove frost using a broom, a special scraper, a rope used in a see-saw fashion, or other means.

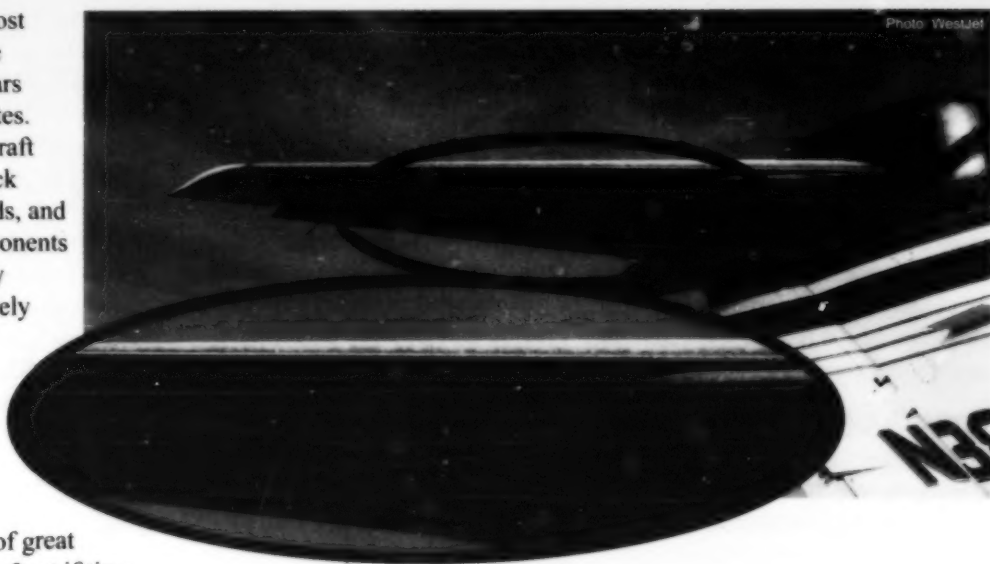
Mother nature can be of great assistance in removing frost if time is not of the essence. If the day following a frosty night is a sunny one, then the aircraft may be left in the warming sun, away from any shadows, and the sun will cause the upper surface frost to sublime (leave the surface as vapour) off the aircraft.

Heated air can also be used to remove frost from an aircraft. A traditional "Herman-Nelson" (a typical commercial portable heater) or other such air heater may be used to blow heated air over the frosted surface. Depending on the aircraft, special devices may be required to accomplish this task successfully

and in a timely manner. But the use of hot air to remove frost can be a very tediously slow process in very cold temperatures or when there is wind. Recently, infrared devices, both portable and those installed in an open-ended "tent hangar" have been developed and promise to be a very effective, rapid, efficient, and environmentally friendly way in which to remove frost or other frozen contaminants.

Currently, the most rapid and most popular method for removing frozen contaminants is using heated aircraft deicing fluids (ADFs). SAE Type

I fluid is designed specifically for removing frozen contaminants from aircraft. It is designed to be used at an approximate nozzle temperature of 80°C and delivered under pressure. If the protection time provided by the Type I fluid is not adequate and where it is approved for the aircraft type, a layer of AAF (SAE Type II, III or IV fluid) may be applied after the Type I fluid has been used to remove the frost. A typical holdover time (HOT) for Type I fluid in frost at -10°C is 45 minutes. A typical HOT value for Type IV fluid in frost at -10°C is 12 hours. ♦



# Aerodynamics and Performance Impact

*There is no such thing as a little ice!*

By Alan White, P.Eng., Flight sciences team lead, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

*The subtitle for this article is from a quote by R.E. Brumby, who was the aerodynamicist responsible for icing at McDonnell Douglas and who became acknowledged as a leading expert in the field. He made significant progress in quantifying the effect of surface contaminants such as frost, ice and snow on lift and drag and wanted to drive home his findings that remarkably small amounts of contamination can have an enormous effect on both parameters.*

## The clean wing concept

Canadian Forces Flying Orders and civil regulations require that "takeoff shall not be attempted when any frost, snow, ice or other surface contaminant is adhering to the critical surfaces of the aircraft" (B-GA-100-001/AA-001 Chapter 9(44)). In this article, we will review how any contaminant can affect lift, drag and handling of the aircraft and the overall ability of the aircraft to get off the ground and safely climb away.

Flight manual performance data is based on a "clean" aircraft (i.e. one that has no contamination), but performance penalties may be introduced when anti-icing fluids (AAFs) are applied. This article will also address why some aircraft have takeoff speed increases imposed following AAF application.

## What can go wrong on takeoff?

A pilot's objective during takeoff is to get off the ground before reaching the end of the runway, and then establish a positive rate of climb and clear all obstacles. The first requirement to accomplish this is to have sufficient lift to support the weight of the aircraft with some to spare for manoeuvring and riding through any gusts. Once airborne, there must be sufficient thrust to overcome the drag of the aircraft plus a margin that enables continued acceleration to climbout speed and the establishment of a climb gradient. The close proximity of the ground during the first few feet of climb can produce a false sense of security because the aircraft may actually be unable to climb away into free air. A further issue is maintaining control of the aircraft: during climbout, the aircraft stall margins, control effectiveness and handling qualities can all be severely degraded by icing contamination. Loss of control immediately after liftoff was the predominant cause of at least one recent accident (Birmingham, 2002).

## Critical surfaces

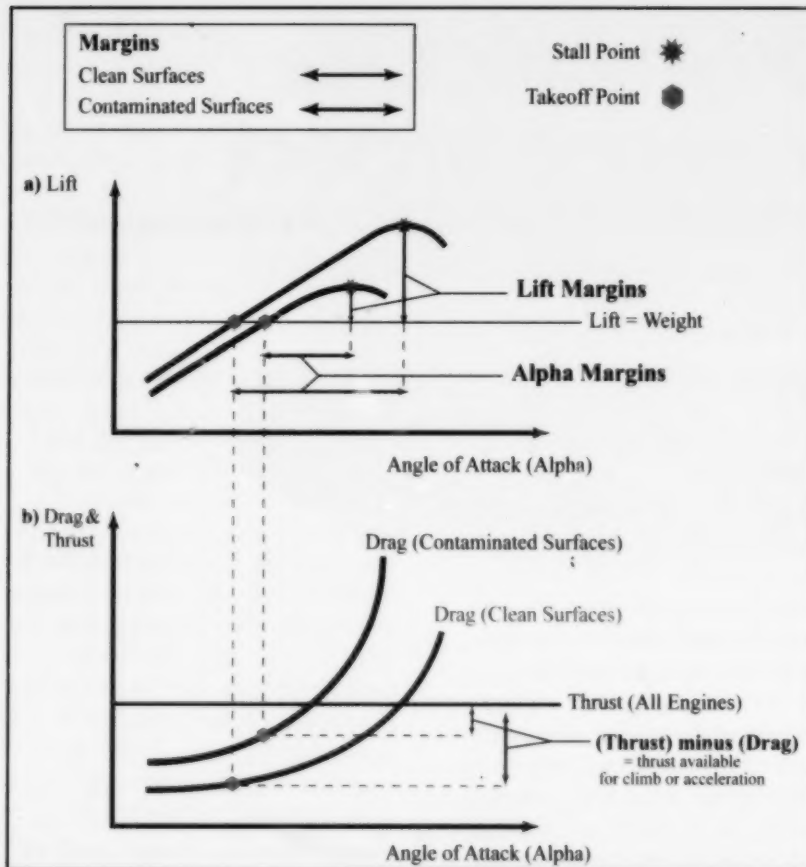
The condition of the wings is critical to their ability to generate the lift needed to fly and any contaminant

has to be cleared away. Frost and snow are relatively easy to see and to remove, but aircraft also have a tendency to accumulate clear ice on the wings that is extremely difficult to see and that may only be detected by touching ("tactile inspections"). Clear ice may form even when temperatures are well above freezing but the wing skin temperature is below freezing as a result of the cold fuel retained in the wing tanks from a preceding flight. It was this phenomenon that brought down the MD 80 at Stockholm in 1991 when the wings flexed after takeoff and the ice was shed simultaneously into both of the rear mounted engines.

For some aircraft, the flap and slat surfaces and spoiler panels may have different thermal characteristics from the wing box and are frequently the location where fluid fails first. For this reason they need to be given close scrutiny during critical surface inspections. Flaps and slats should be kept retracted until close to the takeoff in order to retain as much fluid as possible on the exposed surfaces and to keep the shrouded surfaces clean.

The horizontal tail surface and elevator are as critical as the wings because these are the main longitudinal control surfaces and determine the stability of the aircraft. It is particularly important to make provisions for deicing the





**Figure 1:** Lift, angle of attack and thrust margins are all severely degraded by icing contaminants

tail surface of T-tailed aircraft, which may require deicing trucks with an extra high bucket to give adequate access and visibility. Control effectiveness and the handling qualities of the aircraft may be severely degraded if the tail is not fully clean at the time of liftoff, particularly for those aircraft with unpowered controls.

For aircraft with rear-mounted engines, the upper fuselage surface is also regarded as a critical surface because the engines could ingest ice or snow shed from this area. This consideration originated with the trijet configurations such as the Boeing 727 and DC 10, but is also applied to the twins such as the *Challenger* with high, side-mounted engine locations. Ice ingestion is

also a threat to rotorcraft, which typically have engine intakes behind a horizontal area of the upper deck: the area inside the intakes of all engines must also be confirmed clean prior to engine start.

For propeller aircraft and rotorcraft, the propeller blades and rotor blades are critical, as any loss of thrust and lift will make a huge difference to the performance. Contamination on the fan and compressor blades of engines may cause difficulty in starting and compressor stall and/or "soft FOD"<sup>1</sup> downstream as the engine spools up.

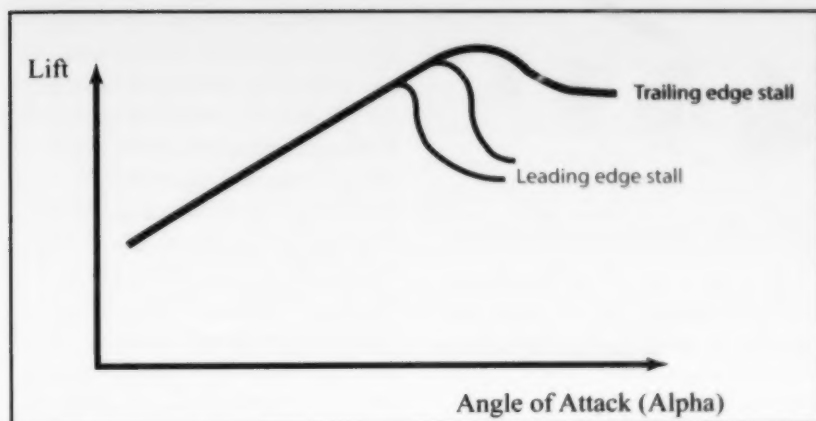
<sup>1</sup> Soft FOD damage is caused by ingested ice that bends the compressor blades rather than causing sharp nicks or dings.

## Lift loss: Eating away at the margins

The basic concept of the stall is that when the angle of attack increases to a certain point, the boundary layer of air moving smoothly over a wing or tail surface separates from the surface, and the lift being generated by that surface is reduced, sometimes abruptly. A remarkably small amount of contamination over the lifting surface of an airfoil greatly reduces the angle of attack at which the stall occurs, and thus also reduces the maximum lift available. Wind tunnel testing results suggest that a covering of frost or ice only 0.4 mm (15/1000 inch) thick on a wing with a chord length of 1.5m (5 feet) will reduce the maximum lift by approximately 30%. Considering that the lift margin at the moment of liftoff with a clean wing is typically only 40 to 50%, this margin is clearly very severely eroded, even for this small amount of contamination.

Figure 1(a) is a general illustration of the lift plotted against angle of attack ("alpha") for a clean airfoil and for the same airfoil with contamination. This illustrates the reduction in lift margin for sustained 1 G flight. Note also the reduced alpha margin with which to ride through a gust or an updraft at the end of the runway. The lower angle of attack at which the stall occurs also means that artificial stall warning systems or stick pushers may no longer give the pilot any advance warning of the stall.

Another consideration is the nature of the stall itself. Aircraft like the Airbus with leading edge flaps and lower speed aircraft with thicker wing sections tend to have a stall in which the boundary layer separation starts at the trailing edge and moves progressively forward. This means that the loss of maximum



**Figure 2:** Angle of attack versus lift. Leading edge stalls are more abrupt than trailing edge stalls

lift will be relatively small until a significantly higher angle of attack has been reached. The crew of these aircraft will probably experience an increasing level of buffeting as a cue to lower the nose and fly out of the stall.

On the other hand, aircraft such as the *Challenger* with thin wings, sections designed for high speed cruise, and no leading edge flaps or slats typically have a stall in which the boundary layer separates suddenly right from the leading edge. The loss of lift is immediate and very large. It is also probable that one wing will stall before the other, so the aircraft is immediately rolling violently and descending, giving the pilots virtually no chance to regain control before entering a spin or striking the ground. The Birmingham *Challenger* accident is believed to have resulted from an asymmetric covering of frost on the wings. In this case the aircraft struck the ground inverted only six seconds after getting airborne. *Figure 2* illustrates the different shape of the lift curves for leading edge and trailing edge stalls.

A disproportionate number of the accidents occurring in the 1980s were to aircraft such as the Fokker F-28 and early-model DC-9's, which

have fixed leading edges and no slats. For this reason, these so-called "hard wing" aircraft are required to receive additional scrutiny just prior to takeoff including tactile inspections to confirm the absence of contamination.

### Drag increase and thrust loss: Going up or going down?

The thrust produced by the engines is used firstly to overcome the drag of the aircraft. What is left over enables the aircraft to establish a positive rate of climb. Normal takeoff procedures assume that one engine will fail at the most critical moment during the takeoff roll, and the aircraft design and limitations are set such that it is possible to maintain a minimum climb gradient after that failure. Wind tunnel data and flight profile analyses from ground icing accidents have shown that the drag of the aircraft can be more than *doubled* by the presence of contaminants, as illustrated in *Figure 1(b)*. Consequently, the aircraft may not have the ability to climb or may have an inadequate climb gradient to clear obstacles, even with all engines operating.

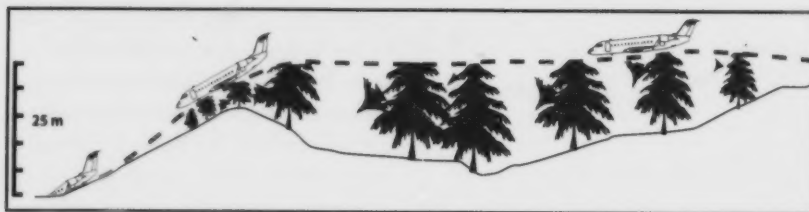
This increase in drag may be compounded by a reduction in thrust from the engines if propeller or fan

blades are contaminated. In the case of the Washington accident, the crew also received incorrect engine power readings from iced pressure sensors and set the thrust to lower than normal power levels.

### The struggle to get out of ground effect

Ground effect is the way in which aircraft performance is affected when flying close to the ground. It is most noticeable when the height above ground is less than one wingspan. Ground effect during landing is normally regarded as the pilot's friend, cushioning the touchdown and sometimes bringing a round of applause from nervous passengers. In takeoff it is usually a non-event as the aircraft rotates and quickly climbs away from its influence. But it can be a very different scenario during a takeoff when critical surfaces are contaminated. In this case, ground effect can assist in getting air under the wheels, which reassures the crew that the takeoff is normal and fully commits them to continue takeoff, but then the effects of the contamination leave the aircraft unable to climb away.

Ground effect causes an increase in lift at a given angle of attack, but it has also been shown to reduce the angle of attack for stall by 2 to 4 degrees. Ground effect also reduces the part of drag that is due to the lift, known as induced drag. The problem with this for a crew taking off with a contaminated aircraft is that they are given a false impression of the aircraft's free air performance when they rotate for liftoff and the aircraft successfully leaves the ground. As their aircraft begins the initial climbout the ground effect rapidly diminishes and they find that the aircraft is no longer accelerating or able to climb at the expected rate. The aircraft



**Figure 3:** Illustration of the vertical profile of the Dryden accident. Impact occurred 3156 feet from the departure end of runway 29.

may then continue mushing along just above the ground until a stall occurs or contact is made with an obstacle. This was a major cause of the Gander, Washington and Dryden accidents. The Dryden flight profile is shown in *Figure 3* for illustration.

### Keeping control

When an aileron, elevator or rudder is deflected it effectively changes the local angle of attack of the air flowing over the fixed wing, or tail surface ahead of it. If there is contamination on that surface the change in alpha may cause a stall of the local surface flow, resulting in an abrupt decrease or even reversal of the intended control input. Alternatively, contamination on the deflected control surface may

result in a stall of the flow over that surface, so the pilot receives little or no response from the control input. For aircraft with unpowered control surfaces, the disrupted flow may cause aerodynamic tab systems and balance horns to become ineffective and generate excessive stick forces for the pilot, possibly to the point that he is completely overwhelmed and is unable to control the aircraft in pitch.

### Why may anti-ice fluids require a performance penalty?

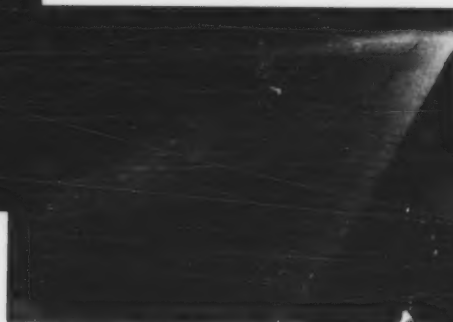
Aircraft have been taking off in rain for many years and it has been shown that the effect on the aerodynamic performance is measurable, but for practical purposes it is negligible. This is because the water has a low viscosity (flows easily) and is sheared off the surface because

of the airflow, leaving only a thin film. Deicing fluids have similar characteristics. But anti-icing fluids are effective in protecting surfaces from continuing precipitation because they form a relatively thick (1 to 3 mm) protective layer of glycol that is able to absorb the water content over an extended period of time before they freeze. They are formulated in such a way as to have a relatively high viscosity (flows slowly or not at all) when the aircraft is stationary or moving at low taxi speeds, and are thus able to remain a thick protective layer. But they rapidly collapse to very low viscosity when the aerodynamic forces cause a shearing action as the aircraft accelerates and the airflow increases during takeoff. The fluid begins to flow off the wing as the viscosity collapses.

If you are a passenger looking out of the window during the takeoff of an anti-iced aircraft you may observe that there is significant wave action on the surface of the fluid as it begins to flow off while the speed builds up during the roll. This diminishes to the point that only a thin film remains by the time the aircraft rotates and begins to climb away. Research has shown that once the wave action has diminished sufficiently, the aerodynamic effects from the remaining film are so small that they can be considered



**(a)** 20 seconds before rotation.



**(b)** 16 seconds before rotation.



**(c)** 4 seconds after rotation.

**Figure 4:** Anti-icing fluid flowing off a wing section during a simulated takeoff roll and rotation. Source: APS Aviation

negligible. Many aircraft flight manuals require takeoff speed schedules to be increased when AAF's have been applied in order to allow sufficient time during the takeoff roll for the fluid to flow off adequately and for the aerodynamic effects to be minimized. Figure 4 shows the AAF flowing off a wing section in a wind tunnel. The waves in the fluid are clearly visible at 20 and 16 seconds before rotation, but at four seconds after rotation the fluid traces are barely detectable.

## Summary

*Mr. Brumby's comment remains a cogent warning: it only takes a small disruption to the airflow to cause a great deal of performance loss and a very real possibility of losing control. Everyone concerned with dispatching an aircraft, whether flight or ground crew, needs to be aware of this and take the threat very seriously.* ♦

A more detailed discussion of the aerodynamics is available in three presentations from the 2005 IOSC and one from the 2005 SCOUIIC as listed below.

- IOSC 2005: Operations Under Ground Icing Conditions (Ingold)
- IOSC 2005: Aerodynamics Review (White)
- IOSC 2005: Winter Precipitation And Its Impact On Aerodynamics (Oleskiw)
- SCOUIIC 2005: Ice Awareness – Preflight Considerations (Tanner)

See page 57 for links to other helpful references.

## Bridge Collision in Washington

13 January 1982  
Washington International Airport  
Washington, D.C.

Air Florida Flight 90 was scheduled to leave Washington National Airport at 14:15 EST. Because of snowfall, the airport was closed for snow removal from 13:38 to 14:53. At about 14:20 maintenance personnel began deicing the left side of the fuselage with a deicing fluid because the captain wanted to start the deicing just before the airport was scheduled to reopen (at 14:30) so that he could get in line for departure. Fluid had been applied to only about 10 feet of the aircraft when the captain terminated the operation because the airport was not going to reopen at 14:30. Between 14:45 and 14:50, the captain requested that the deicing operation be resumed.

The left side of the aircraft was deiced first. No covers or plugs were installed over the engines or airframe openings during deicing operations.

At 15:15, the aircraft was closed up, the jet way was retracted, and the crew received pushback clearance at 15:23. A combination of ice, snow and glycol on the ramp and a slight incline prevented the tug, which was not equipped

with chains, from moving the aircraft. Contrary to flight manual guidance, the flight crew then used reverse thrust in an attempt to move the aircraft from the ramp. The aircraft did not move and the reverse thrust resulted in blowing snow, which may have adhered to the aircraft and been ingested into the engines. The tug was replaced and pushback was completed at 15:35. The aircraft finally taxied to runway 36 at 15:38.

Although contrary to flight manual guidance, the crew attempted to deice the aircraft by intentionally positioning the aircraft near the exhaust of the aircraft ahead in line. This may have contributed to the adherence of ice on the wing leading edges and to the blocking of the engine's Pt2 probes.

At 15:57, approximately one hour after the deicing began, the captain and first officer proceeded to accomplish the pre-takeoff checklist, including verification of the takeoff engine pressure ratio (EPR) setting of 2.04 and indicated airspeed bug settings. Takeoff clearance was received at 15:58.



Although the first officer expressed concern that something was "not right" to the captain four times during the takeoff, the captain took no action to reject the takeoff. The aircraft accelerated at a lower-than-normal rate during takeoff, requiring 45 seconds and nearly 5400 feet of runway, to reach lift-off speed, 15 seconds and nearly 2000 feet more than normal. The investigation later determined that engine anti-ice was never selected and that the actual EPR achieved was approximately 1.7, compared to an indicated 2.04. The aircraft initially achieved a climb, but failed to accelerate after lift-off. The aircraft's stall warning stick shaker activated almost immediately after lift-off and continued until impact. The aircraft encountered stall buffet and descended to impact at a high angle of attack. At about 16:01, the aircraft struck the heavily congested northbound span of the 14th Street Bridge and plunged into the ice-covered Potomac River. There were 4 fatalities on the ground and 74 of the 79 people onboard were killed.

The National Transportation Safety Board identified the probable causes to be the flight crew's failure to use engine anti-ice during ground operation and takeoff, their decision to take off with snow/ice on the airfoil surfaces of the aircraft, and the captain's failure to reject the takeoff during the early stage when his attention was called to anomalous engine instrument readings. Contributing to the accident were the prolonged ground delay between deicing and the receipt of ATC takeoff clearance during which the airplane was exposed to continual precipitation, the known inherent pitch-up characteristics of the B-737 aircraft when the leading edge is contaminated with even small amounts of snow or ice, and the limited experience of the flight crew in jet transport winter operations. ♦

Source: NTSB-AAR-82-8

Adapted from an Aviation Safety Network report:  
<http://aviation-safety.net/database/record.php?id=19820113-0>

## Flight 90 Cockpit Transcript

...checklist...

15:59:21 F/O Transponder?  
15:59:21 CA On.  
15:59:24 TWR Palm 90 cleared for takeoff.  
15:59:28 TWR No delay on departure if you will, traffic's two and a half out for the runway.  
15:59:32 CA Okay, your throttles.  
15:59:35 [Sound of engine spool-up]  
15:59:49 CA Holler if you need the wipers.  
15:59:51 CA It's spooled. Real cold, Real cold.  
15:59:58 F/O God, look at that thing. That don't seem right, does it? Uh, that's not right.  
16:00:09 CA Yes it is, there's eighty.  
16:00:10 F/O Now, I don't think that's right. Ah, maybe it is.  
16:00:21 CA Hundred and twenty.  
16:00:23 F/O I don't know.  
16:00:31 CA Vee-one. Easy, vee-two.  
16:00:30 [Sound of stick shaker starts and continues until impact]  
16:00:41 TWR Palm 90 contact departure control.  
16:00:45 CA Forward, forward, easy. We only want five hundred.  
16:00:48 CA Come on forward...forward, just barely climb.  
16:00:59 CA Stalling, we're falling!  
16:01:00 F/O Larry, we're going down, Larry.  
16:01:01 CA I know it.  
16:01:01 [Sound of impact]

# Give Me My Jet!

## Operational pressure to launch

By Captain Stéphane "Pacman" Paquet, Directorate of Flight Safety

**B**eyond the theory and procedures put in place to manage aircraft deicing in an operational environment, groundcrew and aircrew must deal with the constant pressures of high operational tempo and the extra workload and delays that Mother Nature may impose during winter. This occurrence clearly highlights the insidious interaction between operational pressure and established safety procedures. It is taken from FSOMS occurrence number 119728.

The event occurred in January 2005 at 4 Wing Cold Lake as a section of four CF18s were getting ready to launch for an afternoon training mission. The four aircraft involved with the occurrence had previously flown that morning, and all four pilots had reported indications of icing via the engine "inlet ice" caution on the cockpit digital displays. The operations duty pilot informed the servicing supervisor of this fact, and the information was then passed to the line supervisor with instructions to have the park crews carry out an engine crawl and inspect the remainder of the aircraft for ice formation.

The park crews, consisting of a mixture of experienced and junior technicians, carried out the inspection with only one technician reporting what he considered an insignificant layer of thin ice on the leading edges of the engine intakes.

The others reported no indications of icing. The information was not processed any further until the afternoon pilots signed for their aircraft and proceeded with their preflight walk around. While doing so, they discovered ice on the leading edges of the wings as well as engine intakes. The information was then again passed to the line supervisor, then to the servicing supervisor.

Following established procedures, the servicing supervisor contacted the wing deicing authority and was subsequently advised that a delay of at least 30 minutes was necessary before the deicing vehicle could provide its service to the occurrence aircraft since it had to first warm up the deicing fluid prior to application. By this time, the aircraft from another squadron, who were also participating in the mission, were in the process of starting up, adding further pressure to solve the icing problem rapidly. Upon further inspection of the occurrence aircraft, senior maintenance supervisors suggested towing the four jets back into the hangar to allow for the ice to melt. This was deemed unacceptable by the squadron operations officer (OPSO) in terms of delays. The OPSO impatiently inquired as to why other solutions were not being considered and began offering various unapproved deicing methods ranging from using all available technicians to warm up

the ice covered engine intakes with their hands to using hot water, rags and drying towels.

A heated debate followed between the OPSO and a maintenance officer, who was of lesser rank, in front of the squadron servicing personnel and the occurrence pilots. Through the instructions of the OPSO, an improvised method of deicing using hot water and rags was attempted, which had to be terminated as it only compounded the problem. It was then decided to use a credit card and the line van's ice scraper to remove the ice on the engine inlets. Eventually, and through unauthorized means, the ice was removed from the engine inlets only, leaving the wing leading edges still contaminated with what was perceived as a thin layer of ice. This was deemed acceptable to the pilots, who proceeded to start their aircraft after a delay of 45 minutes. They subsequently joined the other squadron's aircraft, which were still waiting for them at the threshold of the runway. All aircraft departed and, fortunately, flew the planned mission without further incident.

This occurrence is a prime example of how operational pressure, perceived or real, can build up in a relatively short amount of time and culminate in the willful deviation from well-established procedures and standards. Undoubtedly, at the root of these actions is the lack of

knowledge about the effects of even relatively small amounts of aircraft icing. The servicing crew who conducted the initial preflight inspections did not perceive the ice on the wings or engine inlets as a threat and therefore did not report it. The aircrew, while they did acknowledge the presence of this contaminant, were willing to accept unauthorized means of removing it, and ultimately accepted to take off with ice on the

leading edges of the wings. This action was in contravention of the clean wing directive contained in the Flying Orders and can only be regarded as very risky. Squadron management was also a contributor in this occurrence, as the squadron OPSO allowed and contributed to a condition where operational pressure resulted in a situation of reverse risk management: that is to say, the desire to accomplish a regular peacetime training mission

overtook the basic principles of flight safety.

Beyond the knowledge deficiencies and improper risk management involved with this occurrence lies the fact that on that day, both CF18 aircrew and groundcrew were given the impression that when it comes to aircraft icing they could bend the rules and a little ice was OK. This is contrary to what is now well understood throughout the world of aviation. ♦

## Grace Under Pressure

### Good Show awarded to Captain Bonnie Blocka

*The following is adapted from the Good Show award presented to Captain Blocka in 2007. The narrative illustrates a situation in which it was neither the first nor the last line of defence that stopped the progression of events, but rather someone in-between who realized the danger and said what needed saying.*

On 15 June 2007, CFB Trenton was faced with a significant freezing precipitation situation. Snow and Ice Control (SNIC) barely kept the airfield open. Captain Blocka, the 8 Wing duty watch officer (DWO), informed Skylink, the CF contract handler for the Ilyushin IL-76, of the poor airfield conditions and suggested a later planned departure time. As weather conditions improved, she physically carried out a runway, taxiway and ramp inspection, during which she stopped at the IL-76 and noticed a significant ice accumulation issue: at least ¼ inch of ice had built up on the engines, windows, fuselage, and wings of the aircraft. When the IL-76 crew arrived for their delayed departure, Capt Blocka informed them of the ice accumulation on the aircraft and started to explain 8 Wing deicing procedures. The IL-76 captain quickly interjected and stated that they did not require deicing. Capt Blocka, a current Embraer pilot and SIM Instructor at Air Canada with 18 years of flying experience, reiterated that she had personally inspected the aircraft and that it definitely needed deicing. The crew continued to insist on forgoing the deicing.

Not deterred by the situation, Capt Blocka proceeded to the aircraft with the crew and pointed out the severely contaminated surfaces. The IL-76 crew continued to claim that the sizeable Russian aircraft did not require deicing.

In a tactful but firm manner, Capt Blocka explained to the crew that 8 Wing's regulations did not permit aircraft, regardless of the country to which they are registered, to depart with contamination levels anywhere near those currently on the Ilyushin. The IL-76 captain nodded his head and proceeded to board the aircraft. At this point, Capt Blocka remained skeptical of his intentions and decided to contact the ATC ground controller with clear instructions to route the IL-76 to the deicing bay only.

Shortly after deicing began, six crewmembers exited the aircraft, attempting to speak to the deicing crew while a considerable amount of glycol was dripping from the wings. Capt Blocka immediately ceased deicing operations and demanded the crew to return inside with the doors closed as per standard operating procedures. Specific directions were given to the deicing crew to deice the aircraft as they would any other. The aircraft departed safely.

Capt Blocka's professionalism was nothing short of impressive. Her actions, without a shadow of doubt, prevented a possible catastrophe. Her tenacity and determination to ensure that safe practices were properly followed was remarkable. Capt Blocka is truly deserving of recognition for her efforts during this difficult incident. ♦

# Deicing Methods

By Ken Walper, P.Eng., Mechanical systems engineer, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

The operation of aircraft during ground icing conditions poses a potential threat to safety. A significant number of aircraft and lives have been lost during these operations.

The principle challenge to aircraft during conditions of snowfall, freezing drizzle or other ground icing precipitation conditions is that of reaching the takeoff point with a wing that is aerodynamically prepared for takeoff. The first step is to clean off the aircraft's critical surfaces according to the regulations and with appropriate methods.

## Regulation

### **B-GA-100-001/AA-000, Chapter 9, Para. 44**

*Unless otherwise addressed in CFTOs specific to aircraft type, takeoff will not be attempted when any frost, snow, ice or other surface contaminant is adhering to the critical surfaces of an aircraft. Critical surfaces include but are not limited to wings, control surfaces, rotors, propellers, horizontal and vertical stabilizers, any other stabilizing surface, and the upper fuselage on aircraft having rear-mounted engines. Takeoff will not be attempted when flight-critical pitot or static pressure orifices are covered or blocked. Approved de-icing techniques and fluids shall be used as appropriate to remove contamination and blockage prior to flight. If available, holdover time tables may be used as applicable, for guidance in determining the approximate protection time provided by certain deicing/anti-icing fluids.*

## Technologies

### **Nature**

The most environmentally friendly way to deice an aircraft, when time is not of the essence, is to leave the aircraft in the sun. While it may not be operationally expedient to conduct deicing in this manner, it may be possible to park the aircraft in a sunny place in order to get a head start on deicing.

### **Manual Methods**

There are a wide variety of devices available to assist in the removal of frozen contaminants from an aircraft. Factors such as temperature, amount of contamination, size of aircraft, wind conditions, contamination location, and available resources all contribute to the decision of choosing an appropriate method. Whichever is ultimately chosen, the method should not cause damage to the aircraft.

Some of the more common manual methods for either cleaning or preventing contamination are as follows:

1. To remove contaminants:
  - a) Brooms
  - b) Brushes
  - c) Ropes
  - d) Scraper
2. To prevent contamination:
  - a) Wing covers
  - b) Rotor covers
  - c) Hangar

### **Notes**

Extreme care must be taken when using manual methods to remove contaminants. Vulnerable aircraft

components include antennae, pitot tubes, static ports, windcreens, angle of attack sensors, vortex generators, and flight controls among others.

For further information refer to the Transport Canada document TP14052E entitled *Guidelines for Aircraft Ground Icing Operations*, dated April 2005<sup>1</sup>.

### **Fluids**

The most widely used method of deicing an aircraft in a timely manner during periods of ground icing conditions is through the use of heated fluids. The fluids are usually glycol based and are applied under pressure.

### **Forced Air**

The use of forced air to remove contaminants is becoming a more common method. Forced air can significantly reduce the amount of deicing fluid required, especially when used for the removal of loose snow from the aircraft. Heated forced air can be used to remove adhering frozen contaminants, but it is an arduous process.

Forced air has relatively recently been evaluated for use in a hybrid fashion, that is, AAFs are applied in conjunction with force air such that the forced air "carries" the fluid an additional distance. This enables the operator to better distribute the AAF, which is particularly useful for anti-icing large surfaces. This method has yet to be widely employed. ♦

<sup>1</sup> [www.tc.gc.ca/CivilAviation/commerce/HoldoverTime/TP14052/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/CivilAviation/commerce/HoldoverTime/TP14052/menu.htm)



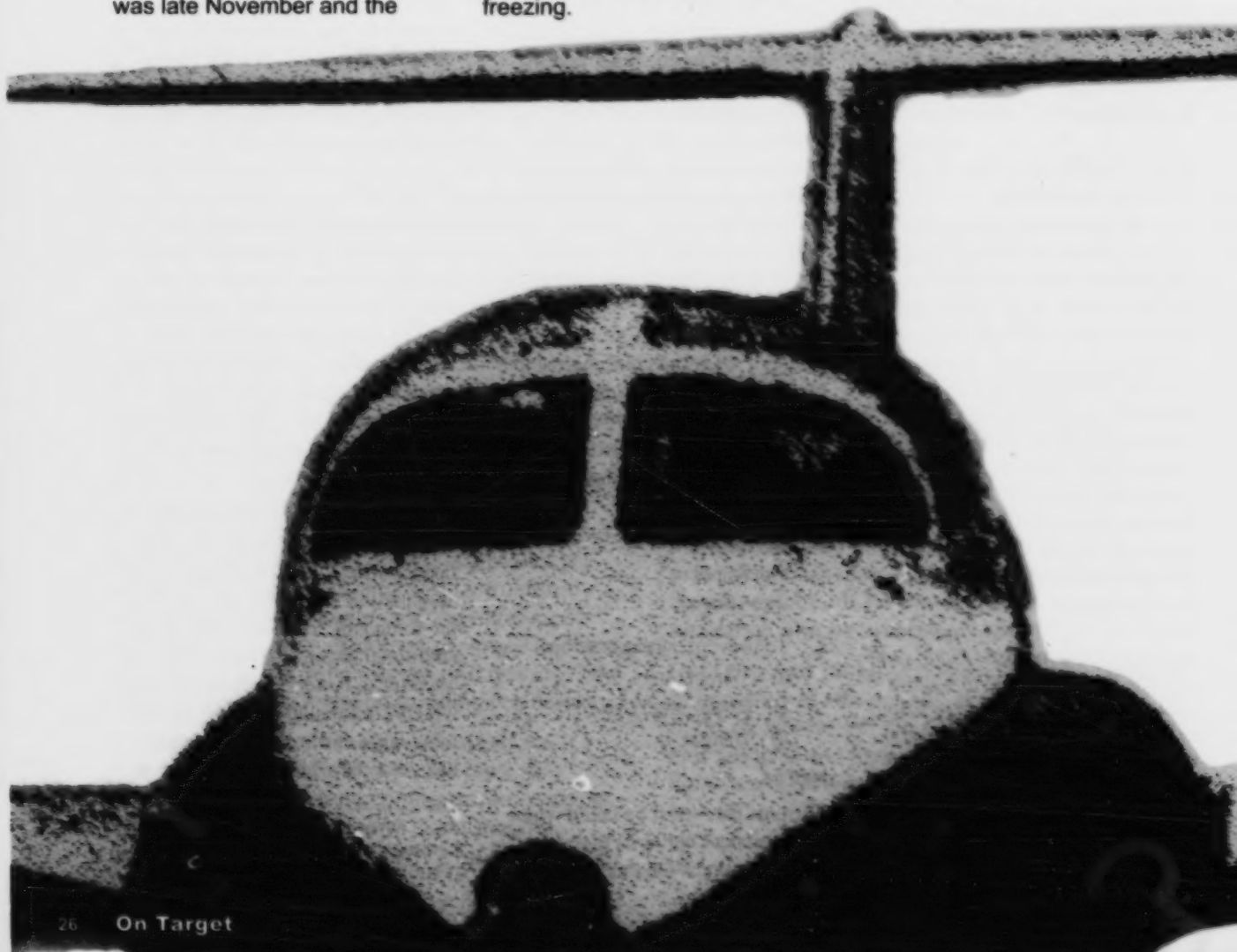
# What Lies Between the Controls

*By anonymous pilot*

Over 20 years ago I was an instructor at the 2 Canadian Forces Flight Training School (CFFTS) on the CT114 Tutor. I was flying from Sault Ste. Marie to Thunder Bay as part of a five-day "east cross-country" training trip with a student who was nearing the end of his wings training. It was late November and the

airfield visibility and ceiling were beginning to deteriorate quickly in heavy snow showers. The student successfully flew the ILS approach and landing into Thunder Bay, and we taxied to the local fixed-base operator (FBO) ramp in the increasingly heavy snow showers. The temperature was just around freezing.

We had the aircraft refuelled, grabbed a coffee, and waited at the FBO for the snow to abate so we could continue our training mission and fly to our next planned destination: Grand Forks Air Force Base in North Dakota. Once the snow stopped, we walked out to find our aircraft covered in an inch



or two of heavy, wet snow. We grabbed a couple of brooms and proceeded to brush the snow off the aircraft surfaces. Because of the temperature and the fact that the snow was heavy and wet, it came off pretty easily. We also dragged the broom down the top of the horizontal stabilizer, but because of its elevated location we could not actually see the entire top surface. But we were confident that we had gotten all the snow off. No thought was given to spraying the aircraft with deicing fluid. I had never seen that done with a *Tutor* and I am not sure the FBO even had that capability.

More snow showers were coming, so we quickly strapped in, got our IFR clearance, started up and taxied out to the active runway. The airfield was hit with another heavy snow shower just as we became airborne. We were not concerned, though, because we were headed south to somewhat warmer climes and nicer weather. The student pilot was flying and we were climbing through about 8000 ft, still IMC, when I felt the aircraft abruptly pitch over about 5 degrees. Of course, I immediately assumed the student had screwed up somehow and asked him what he doing. I still remember the big eyes looking back at me from the other side of his clear visor as he

stated he hadn't done anything and that the stick felt like it was jammed in pitch. I assumed control of the aircraft and quickly confirmed that yes, the stick was at least partially jammed in pitch. I found that I could move the stick fore and aft, but it became very stiff around the neutral point; if I pushed or pulled hard enough, it would become free again.

In the meantime, we broke out on top of cloud and reassessed the situation. We were having some control difficulties, but were able to maintain a reasonable pitch attitude, albeit with a very clunky stick movement in pitch. Thunder Bay was near approach limits and the runway was covered in snow – not a good option with the airplane behaving as it was. About this time, a light bulb went on in my head. I realized that we probably had some residual snow and/or slush in between the elevator and the stabilizer that had become frozen during the climb out which was inhibiting the elevator movement.

Grand Forks was above freezing at 5°C so we continued on our way there, hoping that our problem was an ice build-up and that it would melt as we descended into the warmer air at Grand Forks. Meanwhile, the aircraft remained controllable but pitch control was still not very smooth.

As we had hoped, the elevator control once again became

smooth on descent into Grand Forks, and it appeared that whatever was obstructing the controls had now melted or otherwise disappeared. We completed an uneventful landing and taxied to parking. After we shut down, we asked for a ladder so we could inspect the tail to see what may have caused our difficulties and to check for any visible sign of damage. There was none.

At the end of the day, I would guess that our elevator control problems stemmed from the accumulation of some slush and/or snow that became trapped between the elevator and the stabilizer when we attempted to brush the snow off. It probably became frozen while we were stabilized at climb speed and making only minor changes in the elevator position. When we attempted to move the elevator in any significant way, the frozen mass became an obstruction and prevented further elevator movement. Luckily, at the end of the day, the obstruction could be physically overcome and we did not have to resort to a silk letdown.

So what did I learn? Firstly, if you are going to use physical means to deice your aircraft, make sure you get it all, especially the material caught in the cracks and crevasses around flight controls. Secondly, a proper deice spray would definitely have been a more thorough and safer way to clean the aircraft. ♦

# The Physics and Chemistry of Deicing and Anti-icing Fluids

By Laird McKinnon, Flight sciences engineer, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

Contamination on a wing or control surface can disrupt the airflow and affect the lifting and control surfaces of an aircraft. Snow, ice, frost, or any other type of winter precipitation quickly becomes a dangerous contaminant in cold weather operations. The best means to remove these contaminants from a wing is to use aircraft deicing fluid (ADF). However, if an aircraft must launch during active winter precipitation, there is also a need to protect the aircraft surfaces through taxi and takeoff. The best way to provide this extended protection following deicing is to use aircraft anti-icing fluid (AAF).

## Fluid Specifications

The Society of Automotive Engineers (SAE) has established the specifications to which all ADFs and AAFs must conform to, and the Canadian Forces only uses fluids that satisfy the SAE specifications. SAE Aircraft Material Specification (AMS) 1424 outlines the performance specifications for deicing fluids. SAE AMS 1424 fluid is commonly referred to as Type I fluid.

The performance specifications for AAFs is provided in SAE AMS 1428. AAFs that meet the AMS 1428 specification are referred to as Type II, Type III, and Type IV fluids.

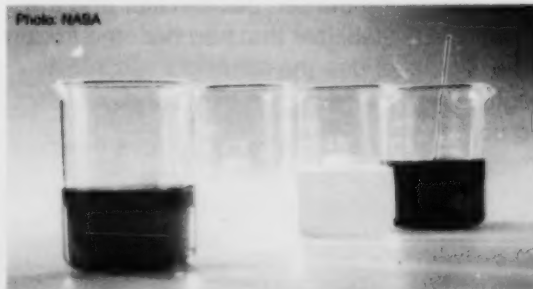
To be included on the list of certified fluids published by Transport Canada and the FAA, each ADF and AAF must undergo tests for physical

properties, anti-icing performance, aerodynamic acceptance, and endurance time (holdover time or HOT).

## Physical Properties

All fluids should be substantially free from suspended matter and homogeneous upon delivery.

The primary ingredients of Type I deicing fluid are glycol (ethylene glycol (EG) or propylene glycol (PG)) and water. The main differences between PG and EG fluids are that PG fluids are more environmentally friendly, but EG fluids typically have a lower lowest operational usage temperature (LOUT).



**Figure 1:** Colours of each of the fluids: Type I (orange), Type II (straw colour), Type III (yellow), and Type IV (green).

ADF's are also shear stable<sup>1</sup> and can be moved or delivered under pressure using centrifugal, gear, progressive cavity, or diaphragm pumps without affecting their performance. Deicing fluids have

<sup>1</sup> **Shear stable:** viscosity does not break down when shearing forces are applied

recently been shown to provide very little protection during active winter precipitation because most of the fluid runs off the aircraft and remains at the deicing pad.

Similar to Type I fluids, AAFs also primarily contain glycol (EG or PG) and water. The major difference is that AAFs contain thickeners. These thickeners help to ensure that a 1 to 3 mm layer of the AAF remains on the aircraft to provide added protection. Very little AAF will run off a stationary or taxiing aircraft. The thickeners have been formulated in such a way that the AAF is a shear-thinning non-Newtonian fluid. This means that while at rest, the viscosity of the

fluid is very high, but once a shear force (such as air flow over the wing during takeoff) is applied, the viscosity becomes much lower. The fluid then flows off the wing prior to reaching rotation speed. It is critical to avoid shearing of the fluid during pumping

because it would destroy the fluid's ability to maintain a thick film. Only low-shear pumps (e.g. diaphragm or progressive cavity) or air pressure can be used.

Scientific Material International (SMI) of Miami, Florida conducts physical properties testing for fluid certification in North America. The tests include measurements

of thermal, storage and shear stability, environmental aspects, viscosity, flash point, pH, foaming properties, dry-out, and corrosion.

## Anti-Icing Performance Testing

Determining the anti-icing performance requires two tests: a water spray endurance time (WSET) test, and a high humidity endurance time (HHET) test to demonstrate that the fluids can retain their required properties for certain minimum times when water is added. The Anti-Icing Materials International Laboratory (AMIL) at the University of Quebec at Chicoutimi performs the WSET and HHET per AS5901.

## Holdover Time Testing

Each year Transport Canada and the Federal Aviation Administration (FAA) require holdover time (HOT) testing for new fluids and fluids that require

re-certification. The HOT testing is carried out using the flat-plate test in which an aluminium plate is inclined 10° to simulate a wing leading edge or trailing edge where fluid will flow off more readily (Figure 2). Fluid is poured onto the surface and exposed to ground icing conditions, and the time to reach a predetermined end condition (the fluid failure point) is recorded. Previous testing has proven that the failure criteria for the flat plate testing are sufficiently representative of fluid failure on a wing.

APS Aviation Inc. of Montreal performs holdover time testing in Canada per SAE ARP5485 and ARP5945.

## Aerodynamic Testing

ADFs and AAFs are "controlled" contaminations that are applied to aircraft surfaces. All fluids must pass a wind tunnel test to demonstrate that they will flow off the aircraft during a representative takeoff. Previous aerodynamic testing by NASA has validated the correlation between the tunnel testing results and a "real" aircraft wing using a Boeing 737 as the test aircraft. This correlation allows the use of a standardized wind tunnel test that is applicable to multiple aircraft types. AMIL conducts the wind tunnel tests for fluid qualification per AS5900.

Aerodynamic testing is performed as follows: the sample fluid is applied to a flat plate in the wind tunnel. The wind tunnel speed is then ramped up to a predetermined test speed. The aerodynamic effect of the fluid on the airflow over the plate is measured and compared to a clean plate. The test result is evaluated against a standard boundary layer displacement thickness (BLDT) criterion, and



**Figure 2:** Determining HOTs with the flat plate test.

a pass/fail assessment is made. Numerous wind tunnel runs are made for each fluid over a temperature spectrum to determine the temperature at which the fluid thickness causes a test failure. This becomes the LOUT from an aerodynamic perspective; however, a freezing point assessment is still required to arrive at an operational fluid LOUT. The wind tunnel speeds used depend on the fluid type being tested; for example, Type III fluids are for use on aircraft with lower takeoff speeds.

## Lowest Operational Usage Temperature

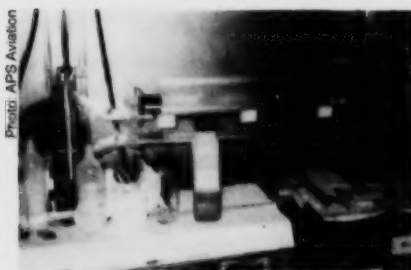
It is important to determine the lowest operational usage temperature (LOUT) of the fluid. In order to determine the fluid LOUT, it is necessary to first determine the fluid dilution using a refractometer (Brix reading) and then consult the manufacture's data to determine the freeze point.

The LOUT for all fluids is determined as the higher of the following:

1. The lowest temperature at which the fluid passes the appropriate aerodynamic acceptance test in the wind tunnel.
2. The freezing point of the fluid plus a 7°C buffer (10°C for Type I fluids).



**The AMIL water spray endurance test (WSET) setup.**



**The AMIL wind tunnel test section.**





*During initial holdover time (HOT) testing, flat-plate HOTs were compared side-by-side to actual on-wing HOTs and it was determined that using the flat-plate method was representative of aircraft surfaces. Photo: APS Aviation*

## Dilution

Different dilutions of ADFs and AAFs may be used to help minimize the amount of glycol that is being imposed on the environment. It also helps to reduce costs because the less glycol that is used, the cheaper the application will be. For Type I fluids, it is important to abide by the manufacturer's directions for dilution. Type I fluids should never be applied neat (100% glycol) as the lowest freeze point is actually attained with some dilution. There is typically be a maximum recommended dilution for a specific fluid.

AAFs may also be diluted, but once again the manufacturer's directions must be respected. AAFs may only be used with the following dilutions of glycol to water: 100/0, 75/25 and 50/50. Regardless of the fluid used and its dilution, the Transport Canada HOT tables must also be respected. If no holdover time exists for a specific dilution at a given temperature for a specific fluid, then it cannot be used. There is very little dilution of AAFs in North America,

but the practice is common in Europe.

## Environmental Impact

The best means of minimizing the impact of ADFs and AAFs on the environment is to recover the fluid from the deicing pads. This is often done using a dedicated draining system, or through the use of large vacuum trucks. Once recovered, the fluid can then be recycled into things such as automotive engine coolant. Both EG and PG fluids are biodegraded in the environment, however EG fluids have a higher biological oxygen demand (BOD) and thus can cause a reduction or depletion of dissolved oxygen levels in the receiving waterways, with a potential adverse effect on aquatic life.

## Storage and Handling

Satisfactory materials for storage tanks are well-maintained coated carbon steel, opaque fibreglass-reinforced polyester, opaque polyethylene, aluminium or stainless steel.

ADFs should ideally be stored unheated. The fluid may be maintained in heated standby storage before or during the active deicing events to save time when heating to the final application temperature, but it is important to avoid unnecessary heating during idle times as there may be thermally induced degradation of the fluid. For this reason periodic testing of the fluid is required, especially at the beginning of the season where there may be a need for fluid re-qualification.

Fluids are formulated with components that should be stable under unheated

storage conditions. However, periodic testing of the fluid is prudent to ensure that the fluid is still acceptable for use. The manufacturer's recommendations for shelf life should be respected to ensure that the fluid is acceptable for use.

It is important to consult the material safety data sheet (MSDS) for each specific fluid that users may be exposed to. Specific attention should be paid to personal protective equipment (PPE) requirements; ensure that all personnel adhere to the manufacturer's recommended handling procedures.

It is important to establish a comprehensive training program and quality control system to be able to deal with all the complexities associated with ADFs and AAFs. ♦

*Much of the information and most of the photos in this article are taken from an APS Aviation Inc. presentation at IOCS 2005 entitled Testing of Aircraft Ground De/Anti-icing Fluids by Mike Chaput, available on the DWAN at <http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/2005/Presentations/DND-OCTOBER%2012.pdf>*



# The Use of Deicing and Anti-icing Fluids During Aircraft Ground Icing Operations

By Ken Walper, P. Eng., Mechanical systems engineer, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

## Aircraft deicing fluids

The most widely used method of deicing an aircraft during period of ground icing conditions, in a timely manner, is through the use of heated fluids delivered under pressure.

## Use of fluids for deicing

Aircraft deicing fluids (ADFs), known as SAE Type I, are designed primarily to remove frozen contaminants from an aircraft's critical surfaces prior to takeoff, but they also possess a very limited capability to protect an aircraft from frozen contamination build up. These fluids are colour coded and appear orange when applied.

Recently, testing has revealed that the principal mechanisms at work when using heated Type I fluid to remove frozen contaminants are pressure and the thermal energy in the fluid. Contrary to previous understanding, it is not the glycol itself that removes frozen contaminants from the aircraft's surfaces, but rather the heat and pressure with which the glycol is applied. Type I fluids are typically heated to between 60°C and 80°C. The glycol in Type I fluids provides very limited protection for the pilot against further contamination while preparing for takeoff, or while he waits to have a more advanced aircraft anti-icing fluid (AAF, Type II, III or IV) applied to his aircraft.

Testing in a controlled environment has revealed that Type I fluids cannot be relied upon to provide extended anti-icing protection during active precipitation conditions.

The original Type I holdover time (HOT) tables have been shown to be overly optimistic (*Figure 1*). This fact is reflected in the significantly reduced Type I HOT values starting in 2001 (*Figure 2* - page 32); for example, the HOT time under light snow conditions went down from 15 to 4 minutes. Note also that the clock starts running on the HOT at the *beginning* of fluid application, so the time available to perform the takeoff after the deicing truck has pulled away is effectively non-

existent in many situations when exposed to continuing precipitation. Every effort should be made to expedite the deicing process and the subsequent departure of the aircraft in these conditions. Consider, for example, using two deicing trucks per aircraft whenever they are available and review your capability for deicing with engines running.

Type I fluid not only has a very limited protection time but also has the tendency to flash freeze. This tendency makes predicting or observing Type I failure very difficult. Further, Type I fluid tends to adhere to the aircraft surfaces immediately upon

OAT [°C]	WEATHER CONDITIONS				
	Frost	Freezing Fog	Steady Snow	Freezing Rain	Rain on Cold Soaked Wing
+ 0 and above	45 min.	30 min.	15 min.	5 min.	15 min.
- 0 to - 7	45 min.	15 min.	15 min.	3 min.	
- 8 and below	30 min.	15 min.	15 min.		

Figure 1: A HOT table circa 1989 showing overly optimistic HOTs.

TABLE 1

SAE TYPE I<sup>3</sup> FLUID HOLDOVER GUIDELINES FOR WINTER 2007-2008

THE RESPONSIBILITY FOR THE APPLICATION OF THESE DATA REMAINS WITH THE USER

Outside Air Temperature <sup>5</sup>		Approximate Holdover Times Under Various Weather Conditions (minutes)								
Degrees Celsius	Degrees Fahrenheit	Active Frost	Freezing Fog	Snow or Snow Grains <sup>1</sup>			Freezing Drizzle <sup>4</sup>	Light Freezing Rain	Rain on Cold Soaked Wing	Other <sup>2</sup>
				Very Light	Light	Moderate				
-3 and above	27 and above	45	11 - 17	18	11 - 18	6 - 11	9 - 13	4 - 6	2 - 5	
below -3 to -6	below 27 to 21	45	8 - 13	14	8 - 14	5 - 8	5 - 9	4 - 6		
below -6 to -10	below 21 to 14	45	6 - 10	11	6 - 11	4 - 6	4 - 7	2 - 5		
below -10	below 14	45	5 - 9	7	4 - 7	2 - 4				

CAUTION:  
No holdover  
time guidelines  
exist

## NOTES

- 1 To use these times, the fluid must be heated to a minimum temperature providing 60°C (140°F) at the nozzle and an average rate of at least 1 litre/m<sup>2</sup> (2 gal./100 sq. ft.) must be applied to deiced surfaces. OTHERWISE TIMES WILL BE SHORTER.
- 2 Heavy snow, snow pellets, ice pellets, moderate and heavy freezing rain, and hail.
- 3 Type I Fluid / Water Mixture is selected so that the freezing point of the mixture is at least 10°C (18°F) below outside air temperature.
- 4 Use light freezing rain holdover times if positive identification of freezing drizzle is not possible.
- 5 Ensure that the lowest operational use temperature (LOUT) is respected.

## CAUTIONS

- The only acceptable decision-making criterion, for takeoff without a pre-takeoff contamination inspection, is the shorter time within the applicable holdover time table cell.
- The time of protection will be shortened in heavy weather conditions, heavy precipitation rates, or high moisture content.
- High wind velocity or jet blast may reduce holdover time.
- Holdover time may be reduced when aircraft skin temperature is lower than outside air temperature.
- Fluids used during ground deicing/anti-icing do not provide in-flight icing protection.

Figure 2: A sample HOT table published for Winter 2007-2008. Source: Transport Canada

freezing. This tendency is in contrast to the thickened AAF's characteristic behaviour, i.e. freezing progressively from the outer surface of the fluid down to the aircraft's surface. AAFs are designed to have much longer HOTs than Type I ADFs. Type I fluid should be considered primarily as an ADF with some residual protection only against frost and very light precipitation. Further information is available from the Transport Canada website: [www.tc.gc.ca/CivilAviation/commerce/HoldoverTime/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/CivilAviation/commerce/HoldoverTime/menu.htm).

All fluids have a lowest operational use temperature (LOUT). LOUT is a temperature below which the fluid must *not* be used. The dilution ratio must be carefully controlled to allow the necessary freezing margin. The fluid manufacturer should be consulted in establishing the LOUT

for any particular fluid and dilution.

The thorough application of a fluid is absolutely essential in order to assure a safe and effective process. Proper fluid application can only be assured (a) with the use of proper equipment; (b) with thorough training; (c) with use of correct methods or techniques; (d) with the use of an approved fluid in sufficient quantity; and (e) by observing any limitations. It is vital that pilots coordinate carefully with the deicing crew and know the type of fluid, the dilution ratio, the temperature, and the time at which fluid application commenced if HOT tables are to be used.

The SAE document AMS 1424 entitled *Deicing/Anti-Icing Fluid, Aircraft SAE Type I* is the relevant specification document for SAE Type I fluids<sup>3</sup>.

### Fluid failure

The identification of fluid failure can be a challenge during harsh operational conditions, especially with inadequate illumination. Transport Canada sponsored testing on a representative wing in the outdoor environment showing that fluid failure will occur first at the leading and trailing edges of the wing. These areas should therefore be included in the inspection when checking for fluid failure before committing to take off.

### Aircraft anti-icing fluids

One significant operational challenge during conditions of snowfall, freezing drizzle or other ground freezing precipitation conditions is that of arriving at the takeoff point with wings that are aerodynamically safe for takeoff.



There is currently only one way to accomplish this during active ground icing conditions: through the proper use of AAFs.

In 2007, the number of CF aircraft eligible for AAF application more than tripled on CF bases and has resulted in the requirement to re-examine the CF's capability.

### **Fluid application**

AAFs are fluids applied for the purpose of protecting an aircraft's critical surfaces during periods of active precipitation, and are usually applied unheated. Either a two-step or a one-step process can be used to do this.

#### **Two-step process**

A Type I fluid (ADF) is used to remove frozen contaminants from an aircraft's critical surfaces followed by a Type IV fluid (AAF) to protect the surfaces. This approach is prevalent in North America.

#### **One-step process**

A heated AAF is used under pressure to remove frozen contaminants from an aircraft's critical surfaces followed by a normal application of AAF to protect the surfaces. This approach is more common in Europe.

### **Aerodynamic qualities**

Once applied to an aircraft, AAFs affect the aerodynamic characteristics of the aerofoil. The fluids have been designed to shear off the wing during takeoff to keep aerodynamic losses to a non-hazardous level. Shearing the fluid off takes speed and time. Both the time to rotation and the speed at rotation have been identified as critical factors for ensuring that adequate fluid removal occurs to a point that ensures non-hazardous aerodynamic degradation (see page 17).

### **Operational approval for fluid use**

The requirement remains to evaluate any fluid that has met the SAE specification for use on particular aircraft. Civil certified large fixed wing aircraft are typically delivered with original equipment manufacturer (OEM) approval for fluid use. It may be possible to evaluate the aircraft's handling and performance when using ADFs and AAFs without consulting the OEM, but a thorough test program and sufficient data would be required.

The CF recently conducted tests leading to approval of Type II, III and IV AAFs for the *Hercules* and the *Aurora* fleets. This is thought to be a first approval of this type without OEM involvement.

### **Fluid standards**

The Society of Automotive Engineers (SAE) is a body that has established specifications, recommended practices and standards applicable to ADFs and AAFs. It is this group of SAE documents that describe how an ADF or AAF needs to be evaluated

prior to the fluid being approved for use on an aircraft. The SAE standards and specifications for these fluids have become the "de facto" international measure.

The SAE document AMS 1428 entitled *Fluid, Aircraft Deicing/Anti-icing, Non-Newtonian (Pseudoplastic)*, SAE Types II, III, and IV is the relevant specification document for Types II, III, and IV fluids.

SAE Type II fluids are colourless or a pale straw colour, while SAE Type IV fluids are emerald green in colour.

### **SAE Types II and IV fluids**

SAE Types II and IV fluids are thickened fluids designed principally as AAFs, although they can also be used as deicing fluids if heated and applied under pressure. These fluids are designed with the longest protection times over the broadest range of precipitation rates and temperatures and form a thick layer upon application. Due to their physical make-up, most Types II and IV fluids require specialized pumps and nozzles. Failure to use



*A Hercules being deiced at 8 Wing Trenton.*

Photo: Corporal David Cribb



them can result in the destruction of the fluid characteristics that yield longer HOTs. Type IV fluid is more advanced than Type II and has longer protection times. Type II fluid appears to be falling into disuse in North America and is being replaced by the Type IV fluid as an AAF in a two-step process.

### SAE Type III fluids

SAE Type I/II fluid has recently been made available but has limited market penetration as of early 2008. Type III fluids are thickened fluids and have been designed to serve as AAFs for aircraft whose takeoff rotation speed is low – less than 100 knots. Type III fluids have also been introduced as a possible replacement for Type I fluids, given that Type III fluids have longer protection times.

Current Type III fluids can be applied with Type I fluid equipment and still provide the published HOT protection. However, it is always advisable to consult with the fluid manufacturer to ensure that the appropriate equipment is used.

SAE Type III fluids are light yellow in colour when applied.

### Fluid handling

ADFs and AAFs must be handled with the appropriate equipment, whether transporting the fluid from the manufacturer, moving it to on site storage tanks, filling deicing trucks, or applying them to an aircraft. Much of the equipment and infrastructure used for handling and storing ADFs may need to be upgraded or replaced to handle AAFs.

The equipment used to handle and store ADFs is generally inappropriate for handling and storing AAFs. The fluid manufacturer should be contacted to establish the appropriate equipment for their fluids. Consideration is required for the smallest of fluid handling system components, including such items as piping and valves.

It is not advisable to pump the leftover fluid from a truck into a fluid storage tank: there is a chance that the fluid in the truck has become contaminated or otherwise damaged. Returning it to the storage tank could contaminate the stored fluid.

### Fluid use caution

The primary ingredients of ADFs and AAFs are typically either ethylene glycol or propylene glycol. For compatibility, it is prudent to use deicing and anti-icing fluids from the same glycol family when used together in a two-step process. That is, if the deicing was accomplished using an SAE Type I propylene glycol-based fluid, it would be advisable to anti-ice using a propylene glycol-based AAF. Furthermore, it is recommended to use fluids from the same manufacturer and to not mix fluids from different manufacturers.

### Considerations when using fluids

#### Lowest Operational Use Temperature (LOUT)

Fluids must always be used at or above their LOUT.

The LOUT for a given fluid is the higher of

1. the lowest temperature at which the fluid meets the aerodynamic acceptance test for a given aircraft type; or
2. the actual freezing point of the fluid plus a freezing point buffer of 10°C for a Type I fluid, and 7°C for a Type II, III or IV fluid.

#### Example:

*A Type I fluid has met the aerodynamic acceptance test down to -45°C, and has a freezing point of -43°C. The outside air temperature (OAT) is -39°C.*

**Question:** *Can this fluid be used under these circumstances?*

**Answer:** **NO**, because the freezing point buffer requirement limits the use of this fluid to -33°C, which is above the OAT.

Data from the fluid manufacturer should always be consulted to



A fluid cart and lift.

Photo: Walter Randa, Leading Edge



establish the LOUT of their fluids.

### **Holdover time (HOT)**

Transport Canada document defines holdover time as follows

*Holdover time is the estimated time that an application of anti-icing fluid is effective in preventing frost, ice, slush or snow from adhering to treated surfaces. Holdover time is calculated as beginning with the final application of the anti-icing fluid, and as expiring when the fluid is no longer effective, as measured in endurance time tests and published in "Holdover Time Guidelines". (TP14052 Guidelines for Aircraft Ground Icing Operations)*

HOTs are those times that a particular fluid, after application, is anticipated to be able to protect an aircraft's critical surfaces under specific ground icing conditions of temperature, fluid concentration, and precipitation rate. The HOT tables (for example, *Figure 2*) are a summary of the results of tests conducted on specific approved SAE fluids in a controlled environment. HOT table values are not exact but rather estimates of fluid performance and vary according to fluid type.

The ability of a particular fluid to prevent frost, ice, slush or snow from adhering to treated surfaces must be established by test. Every fluid must undergo testing for initial approval and be retested every two years to maintain its approved status on the Transport Canada approved fluids list.

Fluids undergo tests in a controlled environment in accordance with an accepted procedure to establish their specific HOT values. The tests simulate out-of-doors conditions on

real wings; this has been verified. The test results are collected, processed and evaluated. HOT values are established according to precipitation type, precipitation rate, fluid dilution, and temperature. HOT values are published in table form by both Transport Canada and the FAA and are available on the web ([www.tc.gc.ca/CivilAviation/commerce/HoldoverTime/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/CivilAviation/commerce/HoldoverTime/menu.htm)).

It is interesting to note that all of the HOT testing of SAE qualified fluids for the International aviation community, at the time of writing, is conducted in Canada.

### **HOT limitations**

The use of HOT tables for aircraft ground icing operations requires that certain limitations be observed. The principle limitations are as follows:

#### **1. Precipitation type**

- a. HOT tables are applicable only to those precipitation types depicted on the table.
- b. HOT table values do not apply to the following precipitation types: heavy snow, ice pellets, snow grains, and moderate or greater freezing rain.

#### **2. Precipitation rate**

- a. The testing of the fluids is only conducted up to the equivalent of a moderate snowfall rate. It is based upon an equivalent liquid water content value that in turn equates to a specific precipitation rate.

#### **3. Temperature**

- a. Each fluid is tested down to a temperature that is considered the minimum, either because the fluid freeze point is reached or

the viscosity of the fluid starts to unacceptably affect the aerodynamics of the aircraft during take off.

There is a LOUT associated with each specific fluid and fluid concentration. The fluid manufacturer needs to be consulted regarding the LOUT.

#### **4. Fluid dilution**

- a. Undiluted glycol and plain water each freeze at or near 0°C. A mixture of glycol and water results in a mixture that doesn't freeze until much colder, e.g. as low as -40°C or colder. The concentration of the mixture also affects the fluid viscosity.
- b. The fluid concentration, the ratio of glycol to water, can vary considerably and determines the performance of the fluid. There is a LOUT associated with each specific fluid and fluid concentration. The fluid manufacturer needs to be consulted, regarding the LOUT.

#### **5. Approved fluid**

- a. Both chemical and physical property testing of fluids is conducted in accordance with an SAE specification, which includes aerodynamic tests. If the fluid meets the specification then the fluid is approved.
- b. If a fluid has not been evaluated and approved in accordance with the SAE specification then the published HOT tables cannot be used with that fluid.

- c. The fluid approval must be current. This can be determined by reference to the published Transport Canada or FAA list of approved fluids on the web.

## 6. Fluid application and coverage

- a. Proper fluid coverage is absolutely essential for proper fluid performance and the expectation of HOT values for the specific fluid. It is essential that personnel applying the fluid are properly trained, are using the correct fluid application equipment, and that a consistent fluid application technique is being utilized. Adequate fluid quantities must be expended to accomplish the de/anti-icing tasks. For a typical ethylene-based Type IV fluid, the fluid layer thickness must be 1 to 3 mm if the HOT values are to remain accurate.

## 7. OEM approval

- a. The civil authorities typically require that an approved fluid also be sanctioned by the aircraft OEM, e.g. Boeing, Airbus, Cessna, Lockheed, Bombardier, etc.
- b. This final step assures civil regulators that a fluid works acceptably on the OEMs equipment. This is a particularly important step from an aerodynamic perspective.

**Note:** Refer to the Transport Canada document TP14052, entitled *Guidelines for Aircraft Ground Icing Operations (GAGIO)* for additional

detailed guidance on all aspects of aircraft de/anti-icing operations.

## Other considerations

### Fluid dry-out and re-hydration

There have been reported incidents of restricted movement of flight control surfaces while in flight that have been attributed to fluid dry-out. This phenomenon appears to be related to operators that use heated AAFs to deice their aircraft followed by unheated AAF to protect the aircraft, a practice that is common in Europe but not in North America. The AAF, a thickened fluid, collects in the crevices and spaces surround flight controls. It dries out or dehydrates to a powder-like consistency and remains in the spaces, accumulating with subsequent fluid applications. When liquid water is reintroduced to the residue, it re-hydrates to a gel with unknown freeze point characteristics. Thus there are two fundamental issues: inhibited flight control movement, a particular concern for aircraft with un-powered flight control surfaces; and accumulation in flight control

surfaces, changing the mass of the control surface thereby affecting its flutter characteristics.

### Maintenance precaution

Regularly spraying an aircraft with a hot Type I fluid/water mixture, as in the two-step procedure, should alleviate the problem. Increasing the frequency of inspections is recommended to help avoid in-flight difficulties due to this phenomenon.

## Conclusion

Using fluid for de/anti-icing aircraft, particularly during periods of active ground icing conditions, is a very complex operation. The operation involves a well-trained team, good communications, appropriate equipment and infrastructure, adherence to standards and specifications, and the employment of best practices. All of these features should be encompassed in a well-considered approved ground icing program. Continuous vigilance is required during all phases of aircraft ground icing operations, if the aircraft is to arrive at the end of the runway safe for takeoff. ♦



Photo: Corporal Eric Jacq

# Ground Icing for Helicopters

By Malcolm Imray, P.Eng, Flight sciences engineer, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

Modern helicopters have become increasingly sophisticated, several having even been certified for flight in icing conditions. This capability increases the marvellous versatility of these aircraft to work in challenging civil and military roles and all-weather environments such as offshore oil support, search and rescue, military maritime (shipborne) operations, and tactical support. However, the majority of ground icing procedures have been developed for fixed-wing aircraft and have limited transferability to helicopters. The hazards for helicopters are similar to those for other aircraft but not identical. Helicopters suffer loss of performance and the potential for shed ice to cause damage to rotors or be ingested by engines. But spraying helicopter components with high-temperature Type I deicing fluid at high pressure can cause damage to critical components and remove lubricants from bearings. Because of their unique capabilities, helicopters are often tasked with missions and roles that require them to operate from "austere" locations where few support facilities exist (see page 53). This makes the challenge of ground icing that much more difficult.

The CF, US Army, and civilian agencies have been exploring technologies and procedures to improve this aspect of their operations, and there are some

emerging methods that may prove particularly helpful for the rotorcraft community (see page 58). Despite the limited capability to date, Transport Canada has published some guidance in its document TP 10643 entitled *When in Doubt... Small and Large Aircraft - Aircraft Critical Surface Contamination Training for Aircrew and Groundcrew*. The following text is extracted from Chapter 4 of this document (with minor editing) to point out the particular hazards, techniques and preventive measures that are unique to helicopters.

*For helicopters, the pilot-in-command (PIC) must remember that ice exacts a very high performance penalty. Takeoff with small quantities of ice on the rotor blades can also significantly reduce the autorotative capabilities of the rotor blades. Some of the special problems associated with helicopter operations in ground icing and other types of contamination conditions are outlined as follows:*

- *Footing during the external inspection, particularly on the upper deck, could be hazardous.*

- *Ice in inspection panel latches or doors may not allow access to critical areas. Attempting to force panels open may result in expensive damage.*
- *A coat of ice that has gone unnoticed on the main rotor blades or tips could result in asymmetric shedding during start up. The different blade weights and thrust characteristics results in a dramatic increase in vibration and poor control response. This could cause the aircraft to bounce off the pad and roll over or the pilot to lose control on takeoff. In addition, ice may be shed with a force that can be both destructive and deadly.*
- *Above normal torque may be required to hover and taxi.*
- *An ice build-up on the fuselage or moisture that has pooled inside of structures and frozen may cause an adverse shift in the centre of gravity.*



A US Army soldier removes snow from the top of an Apache helicopter. Source: Specialist Richard Branham, US Army



- An ice build-up on skids or wheels could result in dynamic rollover if only one side breaks free when power is applied.

- An ice build-up around exposed hydraulic actuators, or pitch change linkages may bind the controls in one or more axes, causing loss of control on takeoff.

- An ice build-up on a tail rotor may result in a loss of yaw control when the aircraft is first lifted into the hover. Asymmetric shedding could also cause damage to the airframe or gearbox attachment area.

- An ice build-up in the particle separator may partially thaw at low power and be released into the intake with the first high power application. This is likely to occur early in flight at low airspeed, or on climb out, with a restricted land back option.

Following the "clean aircraft concept" for helicopters is straightforward. The smart plan is to avoid surface contamination by placing the aircraft in a hangar whenever possible. Where operators do not have this option, other measures must be taken.

**Note:** The SAE has not published documents that support the use of Freezing Point Depressant (FPD) fluids on rotorcraft. Rotorcraft manufacturers have not formally approved the use of FPD fluids and should therefore be consulted prior to using fluids.

### Suggestions for Other Measures

- Use waterproof material covers for the main and tail rotors and transmission deck. Ideally, covers will protect the windshield, the pitot

static system and a good portion of the fuselage. As well, install inlet and exhaust plugs. Install covers and plugs at the end of each day or whenever the aircraft is not scheduled for use to ensure it is protected during periods of unexpected surface contamination conditions.

- Use a combustion heater with sufficient outlet hose to allow the application of heat to the transmission area, rotor components and engine compartment, and to assist in the removal of frozen covers.

- Remove the covers and then examine the fuselage for contamination to ensure ice or snow from the covers has not fallen onto the fuselage or into engine intakes.

- Remove any contamination adhering to the fuselage or tail boom by any of the procedures outlined for aeroplanes, subject to the aircraft manufacturers' recommendations.



Glycol-based fluids can damage bearings.  
Source : US Army, ERDC-CRREL, C. Ryerson

- Free skids, wheels or any part of the landing gear that is frozen to the ground or snow cover.

The foregoing text points out that although the rotorcraft icing situation bears many similarities to those seen by the fixed-wing community, it presents many unique aspects that require special attention and, as always, a team-based approach to dealing with it. ♦

Photos and information are derived from a 2005 IOSC presentation by Dr. Charles Ryerson of the US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL). The presentation is available on the IOSC website.



# Equipment and Infrastructure Requirements for Ground Icing Operations

*By Captain Bernie Castonguay, Wing Operations, 8 Wing Trenton*

**I**t's 0330 and you're outside clearing the snow from your driveway so that you can get to Wing Operations for your planned 0400 show time. As you're wheeling your trusty snow blower through the large windrow of snow left by the road snowplough, you wonder what it's going to be like for your planned departure time of 0600. Will the runway be clean? Will there be any ice? Has the aircraft been outside all night or has it been safely parked in a hangar? How long is the delay going to be because of this mess?

Chances are that your local Mobile Support Equipment (MSE) Snow and Ice Control (SNIC) section has been out all night dealing with the affects of this most recent snowfall. At their disposal is a whole arsenal of heavy wheeled equipment specifically designed for airfield operations. This equipment includes trucks with snowploughs towing airfield sweepers, snow blowers, graders, loaders, chemical deicer spreaders, and runway friction testers.

An operational airfield is comprised of a lot of surface area that needs to be cleaned and maintained. That

being said, it cannot all be done at once! The SNIC plan details which areas need to be cleaned first based on agreement by all affected parties. These areas, known as red areas, usually include the main runway, Alert areas, SAR areas, and the local deicing pad. Yellow areas are next and they include taxiways and aprons. All others are known as blue areas and get cleaned last.

You're now at Wing Ops. Your aircraft was outside all night and requires extensive deicing. You've seen the vehicles that deice aircraft many times before, but do you know what capabilities they have? Deicing trucks come in many forms, from open-bucket, single-fluid dispensers to fully automated, single-operator, multi-fluid-type dispensers. Most CF wings have single fluid, closed-bucket, and dual-operator vehicles. A few CF wings have more recent dual-fluid, dual-operator vehicles.

Fluids dispensed from these vehicles come in two forms: Type I aircraft deicing fluid (ADF) and Type IV aircraft anti-icing fluid (AAF). These fluids are not interchangeable within the tanks or dispensing systems of these vehicles. In

particular, dispensing Type IV fluid through a Type I pump will pre-shear the fluid, making it unusable.

Some of these vehicles come with the ability to utilize pressurized air to remove snow from the aircraft prior to the application of deicing fluid. Snow removal prior to deicing is a prudent practice because it can be performed anywhere on the airfield; there are no chemicals utilized; and, when required, the actual quantities of deicing fluid used are decreased, thus minimizing cost and the overall environmental impact.



Photo: Chris Schock, Toronto deicing facility



Photo: Corporal Eric Jacques

An important factor regarding deicing vehicles is that the boom must be of sufficient length so that the operator can see the complete surface being deiced. When the CC177 *Globemaster* was added to the CF fleet, this requirement was an important consideration at 8 Wing Trenton. With a tail height of 55 feet, the existing inventory of CF deicing vehicles could not deice the *Globemaster's* horizontal stabilizer. A civilian contractor was hired to deice these aircraft in addition to the other CF and civil contracted aircraft that fly in and out of Trenton.

The last but equally important piece of the deicing puzzle is one concerning infrastructure.

As already stated, the deicing process comes with both dollar and environmental costs. Utilizing an air blower system will work for light snow: it will not remove frost, heavy wet snow, or ice. The removal of these contaminants requires the use of chemicals, specifically Type I ADF. The amount of Type I fluid utilized is totally dependant on the proficiency of the operator and the quantity and type of frozen precipitation. Getting the frozen contamination off the aircraft is the goal and this may require a large amount of ADF, most of which runs off onto the ground. Reclaiming as much as possible of the spent glycol, including the melted contamination, is an important and

necessary part of the process.

Choosing the proper location to perform the deicing task is also very important. It cannot be located over any open drains or sewers; it cannot be in general traffic areas; it must be accessible to all aircraft utilizing the airport; and it must be located so as to ensure that a safe distance exists between the deicing location and the general work areas of our personnel. Large civil airports like Toronto or Montreal have purpose-built deicing locations called central deicing facilities (CDFs). Other airports utilize specific locations selected by taking the previously mentioned considerations into account. Regardless of the airport or location on a particular airport, considerable thought must be given to how, where, and sometimes when, the deicing task may be performed.

Once again, it is apparent that a diverse team of trained, knowledgeable people together with some expensive specialised equipment is necessary to ensure safe operations when the snow falls. Coordinating all this is the role of the approved ground icing program (AGIP). ♦



# The View from the Bucket



Photo: Corporal Eric Jacques



Photo: NASA

*By Mr. Kelvin Williamson, Basic Solutions North America Corp.*

## Operator role

Today's deicing bucket operator needs to be a highly trained specialist. Technical know-how and dexterity is imperative to a safe and efficient deicing operation. Watching a deicing pad and a multi-truck operation has often been referred to as an aviation ballet. Getting the job done right the first time takes an impeccable spray and inspection routine that needs to be flawless. Achieving this excellence requires that each bucket operator undergo formal classroom and planned practical deicing training. But the most important aspect of this is that the bucket operator is the final link in the ground icing services chain.

The logistical chain of supplying sufficient deicing fluid is critical to aviation and airport operations. Inventory levels, trucking and fluid acceptance procedures all need to be in place prior to winter operations. Fluid quality, blending and delivery equipment are all necessary to ensure bucket operators are spraying with sufficient deicing and anti-

icing fluids during winter storm operations.

Bucket operators have numerous considerations and factors coming into play when spraying aircraft. These complexities are taught and reviewed during initial and recurrent training.

## Deicing

Properly heated deicing fluids are critical to deicing performance. Most bucket operators will tell you, removing snow and ice is difficult when temperatures are low. Contamination that is frozen solid to wing and tail surfaces requires significant fluid heat transfer to melt and break the bond. The temperature at which Type 1 deicing fluid should leave the nozzle is between 60 and 85 degrees Celsius. A simple laser temperature sensor can be used to check the temperature. The distance between the deicing nozzle and the aircraft surface is an important consideration for deicing efficiency because there is a temperature loss of approximately 2°C per foot.

Spray areas on aircraft include

critical aerodynamic surfaces as discussed on pages 8 and 15. Deicing and anti-icing procedures are normally performed from the top down and from the leading edge to the trailing edge. Anti-icing with Types II, III and IV fluids are used to protect the upper surfaces from refreezing. Bucket operators will normally start by deicing the fuselage and follow with the wings. The way in which to treat the wings depends on the aircraft, but the wing should always be sprayed from the highest part towards the lowest part. The wing tips are lower than the wing roots on some aircraft, and these should be deiced from the wing root to the wing tip. The tail should be sprayed from the vertical stabilizer downward and the aft-fuselage before the horizontal stabilizer.

There are other areas that need special attention. Cockpit windows can often be cleaned with a soft cloth or brush, but it is possible to apply hot deicing fluid above the windows and permit it to flow down over the windows to remove



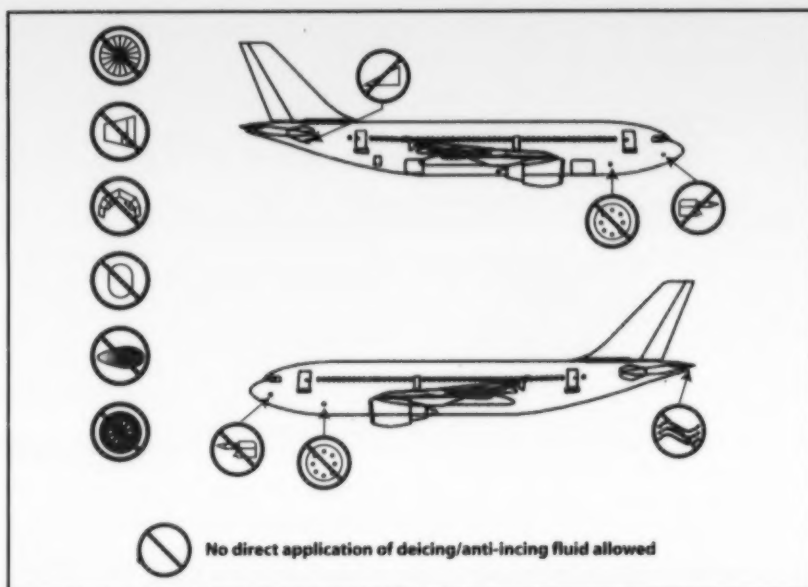
the contamination; direct fluid application should be avoided as it can damage the windows. Bucket operators can deice the radome after the windows, ensuring there is no ice that could fly off during takeoff. It is also a good time to inspect the static ports and pitot tubes to ensure that they are clear; if they are not clear, they must be cleaned by an alternate means.

The bucket sprayer needs to be careful to be aware of "do not spray" areas as illustrated in Figures 1 and 2.

The engine inlets, fan blades, landing gear and wheel bays are also difficult areas to address. Deicing prior to start can prevent serious engine damage. Inlets can generally be cleaned with a brush or manually by hand. Fan blades and the bottom of the engine air inlet need to be deiced with hot air, steam, or other means recommended by the engine manufacturer. A light application of deicing fluid in landing gear and wheel bay areas can be accomplished using a ground reel hose. Airframe and brake manufacturers insist that deicing fluid not be sprayed directly onto brakes and wheels.

Blowing snow can accumulate in such areas as flap tracks, which may require special treatment from below prior to normal spray procedures. Snow and slush from a previous landing may have frozen and will likely cause damage if not removed.

The bucket operator is faced with removing frost, snow and ice from numerous aircraft surfaces. Spraying these surfaces can be complicated because low temperatures, high winds, and intense precipitation affect what type of spraying the bucket operator will employ, i.e.



**Figure 1:** Areas of the Airbus A-310 (e.g. CC150 Polaris) aircraft that bucket operators must avoid spraying.



**Figure 2:** A legend of symbols used to indicate areas to not spray. Source: Adapted from the Association of European Airlines' Training Recommendations and Background Information for De-Icing/Anti-Icing of Aircraft on the Ground

a fan spray for frost, or a steady tight stream to burrow through and carve off stubborn ice. Special care is required when removing this stubborn ice as it can become transparent requiring a tactile (by hand) inspection. A particular case is clear ice on a cold soaked wing as discussed on page 17.

When spraying close to an aircraft using a strong stream of fluid, attention must be paid to the potential for aircraft damage. Certain areas are particularly

susceptible to damage, such as winglets made of light composite materials. Spraying at a high angle and with a fan spray will help reduce the potential for damage. Minimum distances are established for the truck and/or bucket operators – typically the truck will never be closer than 6 feet.

### Anti-Icing

The two-step deicing/anti-icing process provides protection from active precipitation. International

TYPE 4 TARGETS				
AIRCRAFT	SINGLE WING	SINGLE WING	SINGLE TAIL	SINGLE TAIL
	MIN LITRES	MAX LITRES	MIN LITRES	MAX LITRES
A300	163	423	34	89
A310	163	423	34	89
A319/20/21	86	209	22	53
A330	198	514	38	99
A340	228	593	47	122
BEA 146	54	131	14	34
Beech 1900	20	48	5	13
B737	64	155	20	49
B727	88	213	25	60
B747	278	723	69	179
B757	97	252	28	73
B767	150	390	38	98
B777	222	577	53	138
CL65/RJ	38	93	6	15
DH7/B	38	92	5	12
Emb135/145	36	87	9	22
Dornier 328	28	68	7	17
F26	56	136	14	34
F100	56	136	14	34
L1011	206	535	51	133
DC9	67	162	18	43
MD 80	77	187	21	51
MD11	237	575	53	137

**Figure 3:** Reference card for AAF application target quantities

standards have been set outlining that Types II, III and IV anti-icing fluid must be applied within 3 minutes of deicing a particular surface, which makes the bucket operator's task time critical. The aircraft representative surfaces should be anti-iced first, so the bucket operator needs to be aware of the representative surface for the particular aircraft type. When applied correctly, AAFs give pilots the protection time needed to ensure the aircraft is safe for departure. Bucket operators typically refer to a min/max quantity chart such as that shown in Fig.3 to ensure that they have applied sufficient fluid to give the required 1-3mm thickness coverage

## Communications and Safety

Serious lessons have been learned from poor communication. Whether the bucket operator is driving a single-man deicing unit and communicating with the flight crew or has a driver with whom

to coordinate, communication procedures need to be in place to avoid confusion and to ensure the safety of operations. Direct communication via headset between bucket operator and driver reduces stress and potential miscommunication. The complex nature of these operations requires that communications by hand signals be minimized. The risk of miscommunications? The aircraft taxiing before the bucket operators are clear as was illustrated in an accident at Mirabel in 1995.

Another critical piece of the communication process is reporting deicing and anti-icing information that the pilot will use in making his go/no-go decision. The pilot will need to be advised of the following: that the aircraft is clean; the name of the AAF fluid used; the dilution of the fluid used; the start time for the final application of AAF; and that all equipment and personnel are clear of the aircraft.

Some bucket operators have the luxury of performing their duties from within an enclosed deicing cab. Not being exposed to the elements has dramatically improved working conditions, but open bucket operations are likely to remain in place for cost reasons. Personnel protection equipment (PPE) should be used when appropriate to enhance safety. Rain suits, facemasks and face shields are commonly used in open bucket operations as well as the harness – a critical piece of safety equipment. Safety harnesses should be inspected and maintained at regular intervals. Similarly, the closed bucket operator should use a seatbelt because it could save his life.

The bucket operator is tasked with a challenging job in a challenging environment that, when completed safely, is very rewarding. The crew and passengers depend on the bucket operator's skill and precision to fly safely in winter operations. ♦

## Mirabel accident

The Royal Air Maroc Boeing 747-400 was parked in the deicing centre of Montreal (Mirabel) International Airport, Quebec. The aircraft was being prepared for a scheduled flight from Mirabel to Casablanca, Morocco, with a stop at New York, New York. The four engines were running during the deicing operation. The crew heard "dégivrage terminé" (deicing completed), and the captain asked the co-pilot to inform the apron controller that the aircraft was ready to taxi. Taxi instructions were issued. The aircraft started to move forward and overturned the two deicing vehicles that were still in front of the aircraft's horizontal stabilizers. The two vehicle drivers sustained minor injuries; the three occupants of the cherry-pickers received fatal injuries.

The Board determined that the flight crew started to taxi the aircraft before its perimeter was clear, following confusion in the radio communications. The following factors contributed to the accident: a lack of deicing procedures within Royal Air Maroc; non-compliance with procedures on the part of the Canadian Airlines International Ltd deicing crew; inadequate or inappropriate communications equipment; incomplete training of Snowman 1 (the chief deicing attendant); a regulatory framework less demanding of foreign air carriers than of Canadian carriers; a lack of operational supervision; and a lack of adherence to radio protocol. ♦

# Ramp to Runway

## Pilot decisions in ground icing operations

By Malcolm Imray, P. Eng., Flight sciences engineer, and Ken Walper, P. Eng., Mechanical systems engineer, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

The following scenario illustrates the decision-making process that the aircraft commander (AC) goes through when planning a flight in ground icing conditions.

*Interwoven in italics is information describing the additional actions, information and communication that must occur to ensure that the aircraft arrives at the take off point in a safe condition to take off. A decision flow chart that reflects the scenario described in this article is available from NASA as part of their on-line course entitled A Pilot's Guide to Ground Icing<sup>1</sup>.*

### Scenario

Captain Jane Doe has been assigned as the AC of a CC144 *Challenger* aircraft that is to transport VIPs to another base. The *Challenger* is a fixed-wing aircraft with in-flight icing protection and clearance to use Type I aircraft deicing fluid (ADF) and Type IV aircraft anti-icing

fluid (AAF). The *Challenger* has a "hard" leading edge (meaning that it has no slats or other lift enhancing devices) and a supercritical airfoil section. This makes it particularly susceptible to small amounts of contamination.

### The pre-flight briefing

#### Weather

The time is 13:00, the temperature -12°C, and the snow has been falling lightly for several hours. The airport staff has been diligently working to keep apron, taxiways and runways sufficiently clear to allow for continuous operations. Fortunately, due to the cold conditions, the snow is quite dry. However, snow is forecast to continue falling steadily over the next several hours. Due to an approaching warm front, there will be some embedded convective clouds that may bring heavy snow showers and some mixed freezing precipitation over the next two hours. The in-flight icing situation for the planned route is within the capabilities of the aircraft with the exception of the potential for freezing precipitation at the departure airport. The aircraft is not certified for flight in freezing rain. If there is any freezing rain when the aircraft is ready for takeoff, then the departure will have to be delayed. The VIPs are due to arrive within an hour to board the aircraft.

### Aircraft Condition

Captain Doe is advised that the aircraft has been parked outside on the ramp for several hours now after having been removed from the hangar to make space available for a search and rescue (SAR) helicopter that is on standby.

*At this stage of the process, the crew should ascertain the following: what fluids are being used for the day; what deicing pads are in use (if there is choice; the precipitation type and rate; air traffic control considerations such as gate hold procedures; general weather conditions present at the runway in use; approximate taxi delays anticipated; approximate deicing pad through-put time; and any anticipated special operating limitations. Having done so, the aircrew should inform the de/anti-icing service provider of their intention to use their services, providing specifics such as the type of aircraft, services required, and any other pertinent information. For instance, if the service provider is unfamiliar with the aircraft type, more detailed information such as no-spray zones, including APU inlet location must be provided as well.*

### The walkaround

*The pre-flight walkaround takes on an additional dimension during ground icing conditions.*



Photo: Private Kimberly Gosse

1 [http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses\\_ground.html](http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses_ground.html)



Some of the additional items to assess on the pre-flight external check include engine inlets for deposits of frozen contaminants; propellers and spinners; pitot and static ports; emergency exits; the top of fuselage on aircraft with aft fuselage mounted engines; windshield contamination; nose/radome upper surface forward of the windshield; spaces between flight controls and support structure; APU inlet and forward area; brakes and wheels; undercarriage retraction mechanism and doors; nosewheel steering and other points that are specific to the aircraft type. In addition, it will be necessary to assess the anticipated conditions for taxiing, i.e. slushiness, braking action, snow drifts, visibility and wind direction, to name a few.

At this point an assessment of the overall weather picture can be made to develop a strategic plan for ensuring that the aircraft arrives at the runway fit to fly.

The AC has arrived on the ramp to inspect the aircraft and finds that, as expected, it is covered



Photo: NASA

with a layer of snow. On her walkaround, she decides to check on whether the snow is adhering to the surfaces. Removing some snow from the upper wing surface, she discovers that there is a frozen layer underneath the dry, loose snow. This was probably because the aircraft was taken from the hangar into the falling snow when it was still warm: as the snow fell on the warm aircraft, it melted and then re-froze as the whole aircraft cooled to ambient temperature. This means that deicing is going to be more difficult than if the dry snow had fallen on a cold, dry surface. It also means that the use of ADF will again heat up the skin of the

aircraft such that snow falling on it will simply do the same thing; AAF will have to be applied even if the takeoff is conducted under the present dry snow conditions. In order to minimize the amount of ADF that will be required to deice the aircraft,

Captain Doe requests

that the ground staff use brooms to remove as much of the loose snow as possible. The AC and crew complete the remaining pre-flight tasks and await their passengers.

Captain Doe expects the passengers to arrive soon and would like to get airborne before the convective conditions and freezing precipitation arrive at the airport. The hourly weather report and aerodrome forecast both give 1 mile visibility in light snow. Consulting the "Visibility in Snow vs. Snowfall Intensity Chart", Captain Doe sees that this visibility in daylight with the prevailing cold temperatures means "light" snow conditions should be used to determine the holdover time (HOT) for the AAF (Figure 1, red box). Knowing that she will be using a Type IV AAF, she consults the generic Type IV HOT tables<sup>2</sup> and reads that for the prevailing temperature and precipitation using undiluted fluid, the HOT will be in the range of 20 to 40 minutes (Figure 2, page 46, red box). She decides that deicing and anti-icing the aircraft immediately, rather than waiting for the passengers first, will provide the most expeditious takeoff provided

<sup>2</sup> The HOT table for a specific fluid may provide greater protection times than those listed in the generic HOT table. However, the approved ground icing program (AGIP) may only authorize use of the generic table.

VISIBILITY IN SNOW VS. SNOWFALL INTENSITY CHART <sup>1</sup>						
Lighting	Temperature Range		Visibility in Snow (Statute Miles)			
	°C	°F	Heavy	Moderate	Light	Very Light
Darkness	-1 and above	30 and above	≤1	>1 to 2½	>2½ to 4	>4
	Below -1	Below 30	≤¾	>¾ to 1½	>1½ to 3	>3
Daylight	-1 and above	30 and above	≤½	>½ to 1½	>1½ to 3	>3
	Below -1	Below 30	≤⅜	>⅜ to 7/8	>7/8 to 2	>2

<sup>1</sup> Based on: Relationship between Visibility and Snowfall Intensity (TP 14151E), Transportation Development Centre, Transport Canada, November 2003; and Theoretical Considerations in the Estimation of Snowfall Rate Using Visibility (TP 12893E), Transportation Development Centre, Transport Canada, November 1998.

Figure 1: Visibility in snow versus snowfall intensity. Source: Transport Canada.



(a) the passengers arrive on time and (b) the weather does not change prior to takeoff.

## Pre-taxi

While preparing to taxi, the crew should consider the following: anticipated braking action; potential for slush contamination of undercarriage and/or brakes; visibility during taxiing; wind strength and its effect on the AAF; and preferred routing to deicing pad. The crew also needs to ensure that they use the checklist appropriate for ground icing; typically not lowering flaps and slats until just before takeoff and delaying use of leading edge heat until airborne if AAF has been applied. This requires extra vigilance because it could be a break in routine and does introduce an additional possibility for error or omission.

Spraying ADF and AAF with flaps/slats retracted is desirable to minimize exposure of their operating mechanisms to the fluids and spray forces. However, if contamination is present on flaps/slats due to a previous in-flight icing encounter or because of slush during landing or taxi, then the flaps should be left

extended until that contamination has been removed with ADF; the flaps/slats are then retracted for AAF application to minimize the fluid runoff prior to takeoff.

## Taxiing to the deicing pad

The transfer of communication control from air traffic control (ATC) to the pad operations controller (often referred to as "Iceman") may be required, particularly at larger airports. The aircrew should refer to local operating procedures for the appropriate communication procedures.

## The deicing pad

Captain Doe and her crew start up the aircraft and taxi it to the deicing facility. After communicating with Iceman she shuts down the main engines<sup>3</sup>, leaving only the APU running and the flaps up. The aircrew monitors the ADF spraying, noting that two spray trucks are used: one on either side of the aircraft so that the coverage and timing are symmetrical. The orange spray from the nozzle is

3 The AGIP may approve an engines-running procedure

a concentrated "fan" shape and judging from the rising steam it is clearly quite hot. The spraying is being done from fuselage top to bottom, wing tip to root, leading edge to trailing edge and the operators are taking care to avoid windows, pitot tubes, and static ports. All of this is as expected and Captain Doe is confident that this evidently well-trained crew will be careful to avoid spraying the APU inlet according to the instructions she gave Iceman.

Immediately after deicing the wings but before proceeding to the tail surfaces, the spray is changed from the strong orange stream to a much gentler green stream. This is the start of the application of AAF. The deicing crew have realized that they cannot complete ADF application on the whole aircraft before applying AAF without risking having the falling snow begin to adhere to areas already sprayed. Captain Doe notes the time is approximately 13:20 and that the first location AAF is used is on the inboard leading edge of the wing. The crews then finish by applying ADF and AAF to the tail of the aircraft.

The crew chief then conducts a critical surface inspection (CSI)

TABLE 4-Generic

### SAE TYPE IV FLUID HOLDOVER GUIDELINES FOR WINTER 2007-2008<sup>1</sup>

THE RESPONSIBILITY FOR THE APPLICATION OF THESE DATA REMAINS WITH THE USER

Outside Air Temperature		Type IV Fluid Concentration  Neat Fluid/Water (Volume %/Volume %)	Approximate Holdover Times Under Various Weather Conditions (hours:minutes)						
Degrees Celsius	Degrees Fahrenheit		Active Frost	Freezing Fog	Snow or Snow Grains	Freezing Drizzle <sup>4</sup>	Light Freezing Rain	Rain on Cold Soaked Wing	Other <sup>2</sup>
-3 and above	27 and above	100/0	12:00	1:15 – 2:30	0:35 – 1:15	0:40 – 1:10	0:25 – 0:40	0:10 – 0:50	CAUTION: No holdover time guidelines exist
		75/25	5:00	1:05 – 1:45	0:20 – 0:55	0:35 – 0:50	0:15 – 0:30	0:05 – 0:35	
		50/50	3:00	0:15 – 0:35	0:05 – 0:15	0:10 – 0:20	0:05 – 0:10		
below -3 to -14	below 27 to 7	100/0	12:00	0:20 – 1:20	0:20 – 0:40	0:20 – 0:45 <sup>3</sup>	0:10 – 0:25 <sup>3</sup>		
		75/25	5:00	0:25 – 0:50	0:15 – 0:35	0:15 – 0:30 <sup>3</sup>	0:10 – 0:20		
below -14 to -25	below 7 to -13	100/0	12:00 <sup>5</sup>	0:15 – 0:40 <sup>5</sup>	0:15 – 0:30 <sup>5</sup>				
below -25	below -13	100/0	Type IV fluid may be used below -25°C (-13°F) provided the freezing point of the fluid is at least 7°C (13°F) below the outside air temperature and the aerodynamic acceptance criteria are met. Consider use of Type I when Type IV fluid cannot be used.						

Figure 2: Generic Type IV HOT guidelines. Source: Transport Canada

including a tactile check to confirm the absence of adhering contaminants. Iceman then calls Captain Doe with a five point report that a) the aircraft is clean; b) the AAF used was UCAR ULTRA+; c) it was undiluted; d) AAF application began at 13:20; and e) all crews and equipment are clear of the aircraft and the pilot may start engines and taxi from the deicing pad after contacting ground control.

*The deicing pads at some airports are often busier than any other area of an airport. In some ways, the deicing pad is a place where safety is enhanced, but where additional hazards are introduced. The close proximity of other aircraft, deicing equipment, personnel and fixed obstacles makes the deicing pad a high-risk taxi area. Aircraft and vehicle movements on the pad need to be carefully planned and executed or serious damage or injury may result.*

*Communications during the pad operation need to be robust. There is no room for confusion or misinterpretation during pad operations; the results of such confusion have resulted in significant equipment damage and serious personal injury*

During the taxi back to the main apron, Captain Doe notes that adding the first time listed in the HOT range (20 minutes) to the AAF start time of 13:20 means that she is confident a safe takeoff can be conducted at any time before 13:40, provided conditions don't change. The AAF may provide protection for as long as 40 minutes or until 14:00 but between 13:40 and 14:00, the state of the fluid and the aircraft's critical surfaces will have to be assessed by inspection. While taxiing, she also ensures that she maintains extra distance behind other taxiing aircraft so that

the AAF on her *Challenger* is not affected.

## **From the deicing pad to the runway**

*The taxi from the deicing pad to the end of the operational runway can be a worrying time. Depending upon visibility and whether it's day or night, it can be difficult to maintain an accurate appreciation of conditions and precipitation rate.*

*Most large aircraft afford a very limited view of the wings and other critical surfaces to the AC. It may be necessary for the co-pilot or other trained person to go back into the aircraft cabin to a window that allows a view of the wings to establish the state of fluid contamination. The AC may also have use of a representative surface, to assist in judging the state of contamination of the critical surfaces, depending whether or not one has been designated for the aircraft. If doubt exists, it may be necessary to have a trained person outside the aircraft inspect the critical surfaces prior to takeoff, which in most circumstances would be difficult to accommodate near the active runway. If in doubt, return to the deicing pad for a repeat operation.*

*The HOT guidelines will serve the AC, but ambient conditions and the time since the start of the final application of the AAF require close attention. The HOT time may require adjustment depending on changing precipitation rates or additional contamination due to propeller wash or another aircraft's jet blast blowing frozen contaminants off the taxiway surface and onto the aircraft. Drifting snow is a real possibility and can cause rapid AAF failure. Visibility and temperature can be used to judge the precipitation rate in snow*

*(day or night) according to the Transport Canada visibility in snow table (Figure 1, page 45). Close monitoring of the representative surface will assist the AC in identifying fluid failure. If the AAF transitions from glossy to dull, this may indicate fluid failure but can be difficult to detect. The accumulation of snow rather than its absorption by the AAF may also signal the beginning of fluid failure. However, the only way to be certain is to conduct a tactile inspection for adhesion.*

## **Holdover time**

Upon arrival back at the ramp to meet the passengers, the AC notes that the hangar door has been opened and the SAR crew is conducting their pre-flight inspection and preparations with the helicopter still in the hangar. Clearly, they are allowing the airframe to cool off before rolling it out into the falling snow. Shortly thereafter, the *Cormorant* helicopter is towed from the hangar with the crew aboard. Within three minutes of having the tow bar removed, the blades are turning and the rotor ice protection system activated as required.

By 13:35 the passengers have boarded the *Challenger* and been provided with a safety briefing, but now the snowfall has intensified. Prior to closing the door, Captain Doe inspects the inboard leading edge of the wing and determines that the AAF has not failed. She does this both visually and by means of a tactile inspection with a bare hand, taking care to clean her hands thoroughly after touching the AAF. She and her crew obtain their taxi and route clearance. They also receive a special weather report indicating a reduction in visibility from 1 mile to 1/2 mile and the temperature has risen to -5°C over a



very short time period. The visibility chart equates this with “moderate” snowfall intensity (*Figure 1*, page 45, blue box), but there is no change in the HOT. Clearly, however, the AAF will not provide protection for as long as could be previously expected and fluid failure will occur earlier in the HOT range. In addition, the SAR helicopter has departed and filed a pilot report (PIREP) stating that the aircraft encountered moderate rime icing conditions shortly after takeoff and then above freezing temperatures from 2000 to 3200 feet above the airport elevation. Captain Doe recognizes that this indicates the imminent arrival of the warm front and it is quite likely that freezing precipitation will begin shortly.

### Takeoff decision

It is clear that the aircraft will not be airborne before 13:40 and therefore the “clean aircraft” concept cannot be assured on the basis of the HOT alone. However, the takeoff is expected to occur quite early in the range between the low and high HOT times, so the crew elects to taxi to the runway and conduct a second CSI within 5 minutes prior to takeoff. If takeoff cannot be accomplished by 14:00, the aircraft will have to be deiced and anti-iced

again because the HOT will have expired.

Although the runway in use is very long and normal procedure would be to use an intersection takeoff, the crew has decided to taxi all the way to the runway threshold due to slush on the runway. The presence of slush means it will take longer for the aircraft to accelerate to takeoff speed and that braking action will be reduced in the event of a rejected takeoff. Both of these effects are difficult to quantify accurately in performance charts. Consequently, making use of the maximum available runway length is prudent<sup>4</sup>.

Unfortunately, there is a line of three aircraft waiting for takeoff clearance at the runway. Captain Doe keeps the *Challenger* well behind the third aircraft with the flaps retracted. The crew is using a pre-takeoff checklist for ground icing conditions that includes delaying setting the flaps until just prior to taking position on the runway. Meanwhile, snowfall intensity has abated somewhat, and a special weather report issued at 13:48 states that visibility has increased to 2 miles in light snow.

<sup>4</sup> See *Flight Comment* Issue 1 2007, page 22: “Slush on the Runway and How it Affects Aircraft Performance.”

At 13:50 Captain Doe sees that the aircraft in front of hers has been cleared to takeoff position on the runway. She estimates that she will receive takeoff clearance within 5 minutes and this is the last opportunity to conduct a pre-takeoff inspection. She requests and receives permission to allow a crewmember to exit the aircraft and perform a tactile CSI. After shutting down the left engine, the first officer exits the aircraft and repeats the AC’s previous inspection of the inboard section of the left wing leading edge area. At 13:51 he notes that although the AAF appears dull in some patches, there are still no contaminants adhering to the wing as determined with a bare hand in one of the dull patches.

At 13:54 after re-starting the left engine, ensuring that all pre-takeoff checks are complete including setting takeoff flaps, the aircraft is ready but can only depart safely if issued an immediate takeoff clearance. The tower issues an instruction to taxi to position and hold for takeoff and further advises that there will be a hold of at least five minutes for wake turbulence separation from a recently departed aircraft followed by the priority arrival of the SAR helicopter returning with casualties aboard. Captain Doe declines the instruction explaining that the aircraft must return to the deicing pad. She makes this decision because the HOT for anti-icing has nearly expired and she cannot be certain that the fluid has not failed since the last tactile inspection.

*Note that under no circumstances can an aircraft that has been anti-iced receive another coat of AAF on top of the existing film. If holdover times are exceeded, surfaces must first be cleaned with type I ADF before another application of type II, III, or IV fluid is made.*

At 14:15 while at the deicing pad for a second time, a special weather report is issued stating that the visibility is 2 miles in light freezing rain. Captain Doe has more decisions to make! The generic HOT table includes guidance for light freezing rain so those are the times used by Captain Doe's crew (Figure 2, page 46, blue box).

However, the aircraft is not certified for flight in freezing rain. Due to the HOT of only 10 to 25 minutes she delays the application of ADF and AAF until the local freezing rain shower stops at 14:30. Then she taxis to the runway and the aircraft departs safely at 14:40, well before expiry of the lower HOT time for the prevailing conditions. Although the passengers have experienced a delay, they appreciate that the operation has been performed safely.

### Conclusion

Any scenario involving ground icing requires pilot decision-making based on a thorough understanding of the information available and the limitations associated with that information. Captain Doe made sound, prudent decisions in order to expedite her departure and avoid taking off in freezing precipitation. Eventually she had to recognize that given the uncertainties of the techniques available to her, she could not be assured of a safe takeoff except by accepting the ensuing delays. It is entirely possible that the aircraft was still in a safe state but there was no way to know except by returning to the deicing pad. It may be that new technologies will emerge to assist in making these assessments but not yet.

Civil experience has shown that establishing an approved ground icing program (AGIP) with a sound communication strategy is one of the best ways to reduce the possibility of a ground icing accident. ♦

## Challenger 604 in Birmingham, England

### Scenario

On the morning of January 4, 2002, a *Challenger* 604 crashed on takeoff at Birmingham International Airport in the UK. The airplane had sat on the freezing tarmac overnight, accumulating a layer of hoar frost on the wings estimated at some 1 to 2 mm thick.

### Crew communication

According to the UK's Air Accidents Investigation Branch (AAIB) report, the captain asked the copilot, who was the flying pilot, about the situation.

Commander: "Got a (unclear) frost on the leading edge, on there did you look at it?"

Handling pilot: "Huh?"

Commander: "D'you (unclear) that frost on the leading edge- wings?"

Handling Pilot: "Did I feel 'em?"

Commander: "Yeah, did you 'all check that out?"

Handling pilot: "Yuh."

### Investigation comments

The AAIB concluded that the crew's discussion of the icing situation was "ineffective".

"The discussion on icing initiated by the captain did not adequately address the issue or arrive at an appropriate conclusion," the AAIB said.

During taxi to the runway, the crew carried out the pre-takeoff checklist. As the AAIB report recounted, when the anti-ice checklist item was reached, the handling pilot remarked, "We may need it right after takeoff."

The AAIB report said, "This response seems to embody only a token acknowledgement of the deicing problem—as something that could be left until later."

The airplane was not deiced before taxiing to the runway for takeoff. As the AAIB noted, all other aircraft that had been parked overnight at Birmingham, and scheduled for morning flights, were deiced. They departed safely. Immediately after getting airborne, the accident aircraft rolled sharply to the left and struck the ground inverted. Total flight duration was approximately 6 seconds. The AAIB speculated that the airplane had been parked in such a way that one wing was in the early morning sun and the other in shadow, leading to asymmetric clearing of the frost and stall of one wing. On impact, fuel tanks ruptured and the aircraft slid to a halt on fire. All five aboard were killed. ♦



# CF Operations from Commercial Facilities

*By Captain Bernie Castonguay, Wing Operations, 8 Wing Trenton*

**I**t is winter in Canada and you and your crew are getting ready to depart your home Wing on a tasked mission. You walk to the Ops desk and give your fuel load. While there, your flight engineer comes in and tells you that the aircraft has ice on it and that it will need to be deiced; you turn back to the duty officer and request deicing. A while later you finish planning, complete your crew brief, and prepare to depart on the first of two planned legs. You arrive at the aircraft, take a quick look around, hop into the plane and complete a safe and normal departure.

Inbound to your first destination, you pick up the ATIS and find

out that it is snowing. You plan and execute a normal approach and landing in conditions that you know will be challenging for the subsequent departure. Safely parked, you look outside knowing that not only is it your first time at this airport, but that it is also the first time that you will ever have had to rely on a civilian contractor to provide the deicing service that you will need in order to depart. A quick look in the flight supplement shows that the service is provided by the local fixed base operator (FBO) and that the service is performed in a specific location on the airfield called the central deicing facility (CDF). Great, but

now what? How do you arrange for the service? How do you get to the CDF? Does the FBO know how to deice your aircraft? These are valid questions!

Deicing at civilian airports is generally quite simple. There are of course procedures, and these will most often be found in the ground procedures section of the appropriate flight information publication (FLIP). These procedures will include pre-start communication requirements, taxi routes, verbal or automatic marshalling guidance instructions, whether deicing is completed engines off or on, and any other safety precautions specific to that airport.

Is this all of the information that you will need? No. You'll need to know your specific aircraft requirements and whether these procedures can work with the local procedures. For instance, if the CDF only performs engines-on deicing, are you allowed to use this procedure? A quick call to the FBO should provide you with the remaining answers to your questions. You're in luck: the operator has deiced your aircraft type before and your specific aircraft procedures are in line with those of the FBO and the CDF.



*FBO personnel coordinating deicing for you.*



You've completed all of the required gas and go items and are in the aircraft ready to taxi to the CDF. You've already called the FBO to indicate your requirement to deice. Ground control gives you taxi instructions and passes you off to the CDF pad controller who issues you a bay or pad number along with a frequency change to "Iceman". Iceman directs you into the bay or pad area and issues you with marshalling/stop instructions and directs you to inform him when your brakes are set and when your aircraft is configured for spraying. You stop the aircraft, set the park brake, configure your aircraft in accordance with the AOI checklist, and make your report to Iceman.

Looking out of the window you're surprised to see four deicing vehicles approach the aircraft. You rub your eyes . . . there are no drivers! Relax: this CDF has all of the modern tools required to perform the task. Large boom vehicles with a single operator

driving from the boom cab, capable of dispensing both Type I aircraft deicing fluid (ADF) and Type IV aircraft anti-icing fluid (AAF), as well as small trucks equipped with ADF applicators used to get at aircraft surfaces that are out of the reach of the larger vehicles. These are the tools utilized to ensure that your aircraft is cleaned of all frozen contamination.

Spraying complete, the trucks pull back and Iceman reads you the post deicing report. You scramble to copy down

- that your aircraft is clean;
- the fluid(s) used;
- the fluid dilution used;
- the time at which your holdover time began (i.e. the beginning of final fluid application);
- and that all ground crews and equipment are clear.

You re-configure, call for taxi, and are handed back to ground control. While taxiing to the departure runway, your knowledgeable first officer utilizes the ATIS weather conditions, the data provided from Iceman, and Transport Canada's *Holdover Time (HOT) Guidelines* to come up with the applicable holdover time. You depart safely within the time permitted.

The above scenario, although generic in nature, accurately describes the process that happens at a

modern CDF. Now ask *are we prepared for this? Have we completed our annual deicing training? Have the civilian contractors utilized by DND been properly trained to deice our aircraft? Are our aircraft certified for the use of AAFs?* If the answer to the last question was no, then why are you even contemplating flight (using the above scenario) in conditions of active freezing precipitation? ♦



Photo: NASA

# Winter Operations

*It's all about situation awareness*

By J.T. Horrigan, Flight Technical, Air Canada

When it comes to winter flight operations, Canada is a world leader. The reason why is pretty clear: on average, Canadian operators encounter ground icing conditions during nine months of the year. For a line crew, that means a lot of practice running deicing checks and procedures as well as dealing with wrinkles caused by station-specific procedures, language issues and, of course, extreme weather.

Ground icing operations combine advanced chemistry, complex risk management and airport capacity models into operating protocols, holdover tables and checklists. The glue that holds all of this together is the operating crew. The weather is notoriously disrespectful of models and standard operating procedures (SOPs), so it is the pilots' job to decide whether or not the aircraft is ready for this takeoff. This judgment, like any other they make, is based on their situation awareness.

As we know, situation awareness starts with fundamentals. Information about ground icing and procedures for your aircraft comes from a number of places: the flight operations manual; aircraft operating instructions; and

the holdover time (HOT) tables. In addition, to good procedures, the crew must always know the true state of the aircraft from first inspection until shutdown. In ground icing conditions, this means understanding exactly what the deicing inspection found (especially when this inspection is delegated), knowing which options will work (and which won't), and monitoring the situation to make sure all measures are in place and remain effective through to takeoff. The geometry of many aircraft means having to rely on communications with people outside the aircraft whose language and procedures may not match those of the flight crew. While ground handlers are dedicated and well trained to work in harsh conditions, they can't read the minds of pilots. Procedures are based on joint ground and flight deck evaluations, and that requires clear communications. Finally, situation awareness requires that crew be ready to encounter any exception. Despite the repetitive nature of procedures and communications protocols, humans remain prone to error. Lulled by the cadence of standard communications verbiage, one cannot allow complacency to turn deicing into just another routine task. The industry is full of evidence

that assumptions are poor substitutes for facts. If it doesn't look or sound right, ask questions.

Two recent industry incidents illustrate the subtle ways in which situation awareness can be defeated on the ground. In both cases, everything appeared to be routine until after takeoff.

## **Incident 1: Cold Soaked Wing and Diluted Fluid**

The aircraft arrived at a European station from a trans-Atlantic flight with a relatively short 90-minute turn time prior to making the crossing back home. The OAT was  $-3^{\circ}\text{C}$  and frost was forming on the wings, so the station prepared to deice the aircraft. The crew reported standard communications, deiced with Types I and IV, and the flight departed. During cruise, an aircrew member asked the pilot in command (PIC) to have a look at the port wing. Upon inspection it was found that the wing was contaminated with a smooth coating of ice. Flight characteristics were not affected and the destination was above freezing, so the approach and landing were normal.

## **What happened?**

Unknown to the crew and the airline, this particular station



had been affected by local environmental restrictions. As a result, the station had changed the blend of their deicing fluid such that it would freeze at around  $-10^{\circ}\text{C}$ . Also unknown to the crew, the station did not use Type I to deice, but rather used heated, diluted Type IV fluid. The station assumed this fluid was functionally identical to Type I fluid, but that assumption was incorrect. Also unknown to the station was that the aircraft had a substantial load of tankered, super-cooled ( $-35^{\circ}\text{C}$ ) fuel in the cells. The short turnaround added a factor, as the wing never warmed above  $-20^{\circ}\text{C}$ .

At deicing, the ground crew followed standard protocol, verifying that the critical surfaces were clean at the start of Type IV holdover time. What they did not tell the crew was that they had deiced with Type IV diluted to freeze at  $-10^{\circ}\text{C}$  instead of the Type I as expected by the flight crew. The station had thought the wing was at the same temperature as the ambient air –  $-3^{\circ}\text{C}$  – so they thought their fluid had plenty of margin. The station also had equated Type I, which is simply glycol and water, to diluted

Type IV, which also contains a polymer. During a normal, two-step deicing process, the Type I fluid applied during the first step is almost completely displaced by the heavier, thicker, Type IV. This leaves only a single layer of full strength Type IV over a clean wing. In the case of the incident aircraft, the decision to use diluted Type IV fluid in the first step meant that the expected displacement did not occur, allowing the diluted layer to remain and bond to the wing. The final overspray of Type IV left the wing with a characteristic smooth, green surface, which gave the crew a visual indication that all was normal. The thin layer of diluted Type IV began to adhere to the  $-20^{\circ}\text{C}$  wing, remaining flexible enough not to crack during rotation, but eventually becoming trapped beneath the boundary layer, freezing solid in cruise. In this case, the crew believed they had been deiced with Type I fluid, concentrated enough to remain fluid until covered by full strength Type IV fluid.

### **Analysis**

This occurrence started with a basic infrastructure error – the use of an unexpected fluid with unexpected characteristics. This basic fault

resulted in a conversation whereby each party was using the correct words, but with incorrect meanings. As a result of this occurrence, the airline undertook a system-wide testing of assumptions at stations. This event also pointed out a shortcoming in current fluid guidelines. While all crews are warned about the dangers of cold soaked fuel, there are few practical means to measure skin temperature and report it to a service provider. Additionally, the international standard for fluid application references only the outside air temperature (OAT). Many airlines participate in an international group of operators and manufacturers in an effort to bridge this information gap. This new information will enable flight deck crews to correlate fuel quantity, distribution and temperature with cold soak risks. In the meantime, some operators have established a requirement of their deice service providers to ensure that all deicing fluid used aboard their long-haul aircraft have a minimum freeze point of  $-30^{\circ}\text{C}$ . A third, important lesson learned here was the need to recognize the environmental and cost pressures that drive reduced glycol use worldwide. Support for responsible, cost effective use and recovery of deicing and anti-icing fluids must not be at the expense of safety. Each operator should specify the acceptable range of fluid blends and application quantities for each aircraft type and actively follow up on deviations. This permits the flight deck decision on deicing to be based solely on the safety of the aircraft.

### **Incident 2: Incomplete Deicing**

This incident began before the flight crew arrived at the aircraft for the first departure of the day. The station had experienced un-forecast



freezing rain and snow the previous evening. The station had called several deicing crews in early – four hours before their shift. For one of the deicing crewmembers, this was a continuation of shift pattern with far less than expected time off. Additionally, the ground operator elected to use one truck for deicing instead of the standard complement of two due to manpower issues. Fortunately, the precipitation had stopped so only deicing was required; no anti-icing was necessary:

As the pilots were preparing to depart, the deicing crew arrived at the aircraft and began to deice the starboard wing. The flight crew observed that deicing was in progress. Under normal procedures this would mean that a second truck was working on the other side, however the pilots did not know that only a single truck was working their flight. The aircraft was parked at a loading bridge that obscured the port wing. Out of sight of the pilots, the deicing crew encountered a fueller on the port side and took the decision, without communication of any kind, to leave the aircraft and return when fuelling was done.

When interviewed later, the crew was adamant that they finished both sides, but they had not returned to complete the deicing. Prior to pushback, the captain established communications with the lead and asked for confirmation that deicing was complete on both sides. The deicing crew Lead confirmed that deicing was complete; however this too was based on his initial sighting of the deicing crew. No inspection of the port side was done. Coincident with this process the cabin attendants, who would normally do a visual check of the wings according to their SOPs, were distracted with boarding and



Photo: Corporal Eric Jacques

omitted the check. At this very busy US station, pushback and taxi-out in the morning rush required the flight crew's full attention. As no precipitation was falling, there was no need for a holdover time check or additional pre-takeoff contamination inspection (PCI), so the crew did not visually inspect the wings after deicing. The flight departed and almost immediately encountered flight control difficulties, including abnormal roll, yaw and autopilot inputs. The crew was able to recover sufficient aircraft control to continue the short flight to destination. Once in cruise, at a much lower altitude than planned, the PIC went back to the cabin and observed heavy contamination on the port wing with the starboard wing clean.

### **What Happened?**

This incident represents a typical multi-layer failure in which a series of errors and omissions led to the occurrence although none alone can be attributed as the cause. The crew believed that their aircraft was deiced in accordance with standard company protocol. In fact, the deicing station had deviated from that protocol by using a single truck and the deicing crew themselves elected to leave a partially completed aircraft in contravention of their own and the airline's procedures. The standard

communications with the ground Lead created the impression that a complete inspection of the aircraft had been completed when none had been done. Finally, another safe guard – the cabin attendant wing check – was also omitted. In addition to the stress of weather at the station, complex company directives with regard to certain stations, high flight crew workload, and ground operator fatigue were significant contributors to this incident.

### **Incident... Next?**

Ground icing procedures seldom occur alone. Poor weather, peak flow, crew scheduling, and other distractions abound. No matter what is going on, the system relies on pilots to be able to assess their situation accurately and make a sound decision. That means knowing the difference between a properly flowing, highly paced operation and one that is rushed and insufficiently coordinated. Remember that pilots are seeing the tip of the iceberg. If uncomfortable with what they see and hear, expect them to consider what is happening outside the aircraft. Is the ground crew feeling the pressure also? Is everyone working exclusively with facts, or have assumptions been used to expedite the operation? When things start to feel rushed, the flight crew needs to set the pace, take a moment, and make sure their picture of the aircraft and the operation is accurate; situation awareness is what it's all about. ♦

*This is an adaptation of an article written by Captain J. T. Horrigan, Technical Pilot, Core Programs, Air Canada Flight Operations/Flight Technical, and was originally published in Flightline, the safety publication for Air Canada pilots. The article has been adapted and is printed with permission from Air Canada Flight Operations Safety and Quality for the sole purpose of safety awareness. All rights are reserved.*

# Operations from Austere Locations

By Malcolm Imray, P.Eng., Flight sciences engineer, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

The issue of ground icing can be dealt with effectively when operating from airports where appropriate facilities exist and trained personnel are available. However, CF aircraft are not always operating from such locations. Aircraft are frequently dispatched to what might be called “austere” locations where deicing and anti-icing services are simply not available.

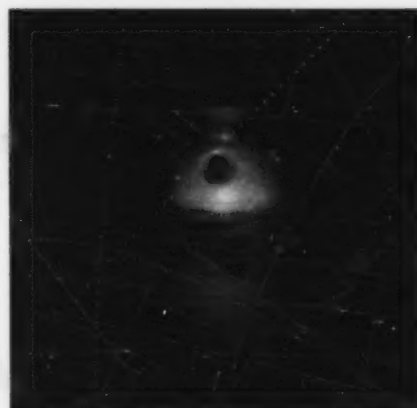
This is amply illustrated by the accompanying story of a search and rescue (SAR) mission involving two very capable, all-weather aircraft operated by the CF. Despite their capabilities, the operation of these aircraft away from base in active ground icing conditions proved very challenging and had the potential to reduce mission effectiveness. Such SAR operations and many others

in remote locations are a fact of life for our aircrews. The challenge is to provide at least some limited but autonomous deicing capability when aircraft are deployed. This requires procurement of suitably small and lightweight equipment that can be carried aboard and used by aircrew. It also implies additional initial and recurrent training of the aircrew in the correct use of the equipment and associated procedures.

Examples of the kind of equipment already in use include portable heated deicing fluid container/dispensers for use on small aircraft (*Figure 1*) mechanical deicing such as brooms, and anti-icing devices such as wing covers for when the aircraft is being parked outside.

CF helicopters, airplanes and their crews are versatile and mission-oriented. They go wherever needed

in almost any weather. But to get the job done effectively, the capability to operate from austere sites – even in ground icing conditions – has to be included in any set of tools they are provided. ♦



**Figure 1:** Ice-Off is an example of Type 1 anti-icing fluid dispenser. It requires 120 VAC power to heat the fluid.

## Third Time's a Charm SAR operations and deicing capability

By Second Lieutenant Chris Cole and Lieutenant Jazmine Lawrence, Directorate of Flight Safety

On 28 February 2005, Joint Rescue Coordination Centre (JRCC) Halifax received a call from the emergency management office (EMO) reporting an overdue vessel from Cape Dorset, Nunavut. The vessel had not returned as scheduled the night before and was reported to have four walrus hunters on board.

JRCC tasked a C130 Hercules aircraft, call sign *Herc Rescue 320*

(R320), from Greenwood to respond to the call, as well as a CH149 *Cormorant* helicopter, call sign *Rescue 903* (R903), from Gander to proceed to the site. *Herc R313* was later also tasked from Greenwood and brought a replacement crew for *Corm R903*.

*Herc R320* arrived onsite and was able to drop survival equipment to the walrus hunters who were found stranded on an ice floe. *Herc*

*R320* returned to Iqaluit early in the morning (universal time) of 1 March and was replaced several hours later by *Herc R313*, which had arrived from Greenwood. *Corm R903* was to follow shortly thereafter, but was forced back due to extremely poor visibility in heavy snow. It made a second attempt when daylight arrived but returned to base with reported



in-flight vibrations thought to be due to icing. The *Cormorant* was certified for deicing with several fluids that were commonly available in Europe but not in Canada and certainly not in an austere location such as Iqaluit. A local forward operating location (FOL) F18 hangar was found in which to deice *Corm* R903, but it was quickly established that the *Cormorant* would not fit. Thankfully, the RCMP provided their hangar and *Corm* R903 was placed inside.

Meanwhile, *Herc* R313 returned for fuel, but neither it nor *Herc* R320 was able to take off due to the prevailing precipitation. The *Hercules* was certified for Type I deicing fluid and the fluid was available in Iqaluit, but it would not have provided adequate holdover time given the active precipitation and freezing conditions: the snow was falling and freezing to the fuselage and wing too quickly to be removed by Type I deicing fluid.

Two more *Cormorants* from Greenwood were tasked to the scene as well as a *Griffon* from Goose Bay: the first *Cormorant* was unable to depart Greenwood due to the weather there and the other two aircraft were eventually released from the tasking when *Corm* R903 was finally able to proceed to the rescue scene on its third attempt. *Corm* R903 was found to be acceptably free of ice after its stay in the hangar and performed the rescue with no top cover by the *Hercs*, no comms with JRCC, and 200 nm of water to transit to the scene. It returned to Cape Dorset with the four hunters who had been stranded on the ice floe for over 30 hours.

Ground icing issues were only several of many awkward problems encountered on this SAR mission, but the deicing problems experienced were significant. Fortunately the walrus hunters were still rescued in good health.

However if experienced again in a rescue operation, setbacks like these could prove to be much more severe. Actions need to be taken so that next time SAR units are called upon in an austere location such as Iqaluit, deicing factors do not hinder operational effectiveness and the success of the mission. As of early 2008, the *Hercules* had completed testing to be certified to use Type IV anti-icing fluid and was awaiting official approval. Likewise, the *Cormorant* was undergoing trials to be certified for Type I deicing fluid. A portable system such as is used by the *Twin Otter* may also have significant promise for use on the *Cormorant* in remote locations in which it must often operate. ♦

*This is a brief synopsis of a SAR report and subsequent deicing concerns that were presented at the 2006 IOSC. The presentation is available on the IOSC DWAN website at <http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/Icing.html> under 2006 IOSC Presentations.*

# Training for Ground Crew and Aircrew

By Malcolm Imray, P. Eng., Flight sciences engineer, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

## The need for training

The articles in this publication point out just how complex the approved ground icing program (AGIP) is in order to be effective. It takes a large team of knowledgeable people working together to achieve the desired outcome. Each team member plays a critical role in ensuring that aircraft get safely off the ground when icing conditions prevail. The pilot-in-command bears the ultimate responsibility for making the final decision, but as Justice Moshansky pointed out in his *Commission of Inquiry into the Air Ontario Crash at Dryden*, everyone involved has a duty to advise the pilots of hazards they are aware of; the pilots cannot do it all on their own. It is equally true that ground crews cannot prepare the aircraft for safe flight without knowing what the aircrew expect. Air traffic controllers also have a role in facilitating aircraft movements to make the best use of ground icing capabilities.

The need for teamwork has been emphasized throughout this publication. Each member of the ground icing operations team must receive initial training so that he 1) understands his role in the overall program; 2) is proficient and knowledgeable in performing his particular task; and 3) is aware of the

hazards associated with each task and knows how to complete them *safely*.

The initial training needs to be reinforced and updated through annual recurrent training.

This article outlines what is required in an AGIP training program, who needs the training, and what should be included. It builds on the programs described in documents produced by Transport Canada, NASA, and the Association of European Airlines (AEA).

## Ground Crew

### General

In addition to being familiarized with the entire ground icing process, the ground crew needs specific training. They work directly with the fluids and equipment, therefore appropriate training in the correct use of the equipment and handling of the chemicals is essential to ensure their safety and that of the aircraft they service. In addition, ground crewmembers need to be provided with appropriate personal protective equipment (PPE) as well as the knowledge of how to use it and what to do in the event of exposure to hazardous materials. This means tailoring workplace hazardous materials information system (WHMIS) training to include the relevant material safety

sheets (MSDS) and PPE. Required training for ground crewmembers also includes procedures for how fluids are received, stored, mixed, heated, dispensed and recovered. Use of refraction meters, temperature sensors, pumps and other ancillary equipment must also be covered along with the requirements for documenting the status of all of the above to assure quality of the entire process.

## "Iceman" and the Sprayers

Crewmembers who work around the aircraft during ground icing operations require additional specialist training in the correct use of their equipment. This training includes generic and type-specific no-spray areas, spray sequence, equipment usage, communications procedures, and PPE (e.g. use of safety harness). Some of these persons will also receive training on how to properly conduct a critical surface inspection (CSI). Similarly, the crew chief and deicing pad coordinator (Iceman) require training to cover their additional responsibilities (page 41).

## Aircrew

### General

Aircrew need to be familiar with all aspects of the ground icing



process to understand the roles and responsibilities of the ground crew and gain confidence in their capabilities. This will also help them to properly evaluate the relative capabilities of service providers at the wide variety of airports and facilities they use. To a greater extent than other team members, aircrew require initial and recurrent training to give them an appreciation for the performance and safety consequences associated with ground icing operations. Finally, a general understanding of the basics of fluid chemistry, physics, application techniques, and use of the holdover time (HOT) tables must be covered.

### **Specific**

Having completed the general training described above, aircrew also require aircraft-specific training. They must be knowledgeable of

relevant operating limitations, critical surfaces of the aircraft, no-spray areas, representative surfaces, amended checklist procedures, communications with de/anti-icing crews, and any performance data associated with wet and slushy runway operations (see page 28).

### **Air Traffic Control**

Controllers require training to understand ground icing procedures in order to accommodate such things as pilot requests to conduct inspections shortly prior to takeoff; arranging suitable taxi routes to minimize prop wash or jet blast effects between aircraft; timing departures, arrivals and the issuance of clearances; and handing ground control to/from Iceman. Timing is a big consideration and can make the difference between

a safe takeoff and a return trip to the deicing pad.

### **Summary**

Clearly, the issue of training requires considerable initial effort and continuous improvement to incorporate new developments. Annual updates are essential to capture new or amended procedures, lessons learned, and to ensure that knowledge lost over the summer is refreshed. Fortunately, the following list of resources provides a body of work ready for use. It can be adapted to suit the needs of any organization needing to develop its own training program and draws on the experience and knowledge of a large number of talented people who have worked in the field for many years. Once in place, the training program constitutes a key element of any effective AGIP. ♦



Photo: Sergeant Bill McLeod

# References and Training Resources

#	IDENTIFICATION	SUBJECT MATTER	LINK OR SOURCE
1	Canadian Forces Icing Operations Standing Committee (IOSC) website	A record of IOSC activities and meetings including a list of presentations and references listed by subject matter. Most are available for download. Accessible on the DWAN.	<a href="http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/Icing.html">http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/Icing.html</a>  Accessible from the 1 Cdn Air Div site under "IOSC" in the subject index.
2	Transport Canada TP 14052: <i>Guidelines for Aircraft Ground Icing Operations</i>	A regulatory guidance document that addresses all elements of Canadian civil aircraft ground icing operations.	<a href="http://www.tc.gc.ca/CivilAviation/commerce/HoldoverTime/menu.htm">www.tc.gc.ca/CivilAviation/commerce/HoldoverTime/menu.htm</a>
3	Transport Canada TP 10643E: <i>When In Doubt... Small and Large Aircraft, Aircraft Critical Surface Contamination Training for Aircrew and Ground Crew</i>	Training document with references to the civilian requirements. Provides the basis for a complete training program including sample examination questions. Copying is encouraged.	<a href="http://www.tc.gc.ca/civilaviation/general/Exams/guides/tp10643/Menu.htm">www.tc.gc.ca/civilaviation/general/Exams/guides/tp10643/Menu.htm</a>
4	Federal Aviation Administration (FAA) Advisory Circulars (ACs) and other documents on the subject of ground icing operations.	Guidance on generating an approved ground icing program (AGIP) from the FAA. Relevant Advisory Circulars (AC) include FAA AC 120-60B <i>Ground deicing and anti-icing program</i> . Other relevant ACs include 120-89 and 150/5300-14.	<a href="http://www.faa.gov">www.faa.gov</a>  Under "Regulations and Guidelines", click on the "Advisory Circulars" link and enter the AC number.
5	A compendium of Society of Automotive Engineers (SAE) documents on all aspects of aircraft ground icing operations, equipment, procedures and testing.	These internationally recognized aerospace documents comprise Aerospace Material Standards (AMS), Aerospace Specifications and Recommended Practices (ARP) for ground icing subject areas. Examples include ARP 4737 <i>Aircraft deicing/anti-icing methods</i> and ARP 5149 <i>Training Program Guidelines For De/Anti-Icing Of Aircraft On The Ground</i> . Available for purchase.	<a href="http://www.sae.org/technical/standards/aerospace/DEICE">www.sae.org/technical/standards/aerospace/DEICE</a>
6	Association of European Airlines (AEA) documents, principally <i>Recommendation for Deicing/Anti-Icing of Aircraft on the Ground</i> , and <i>Training Recommendations and Background Information for Deicing/Anti-Icing of Aircraft on the Ground</i> .	These highly recommended documents include a thorough treatment of the subject with links to other sites and references. Example elements of quality assurance and training programs are provided.	<a href="http://www.aea.be/press/publications/index.html">www.aea.be/press/publications/index.html</a>  <a href="http://files.aea.be/Downloads/AEA_Deicing_v22.pdf">http://files.aea.be/Downloads/AEA_Deicing_v22.pdf</a>  <a href="http://files.aea.be/Downloads/AEA_TrainingMan_Ed4.pdf">http://files.aea.be/Downloads/AEA_TrainingMan_Ed4.pdf</a>
7	United States Air Force (USAF) document TO 42C-1-2 entitled <i>Anti-Icing, Deicing, and Defrosting of Parked Aircraft</i> , dated 11 May 2007	A thorough military treatment of the USAF approach to aircraft operations during ground icing conditions. This is a controlled document that may be made available to authorized recipients upon request.	An uncontrolled copy of this document is available for download as a reference from the IOSC website (see item 1).
8	NASA online training course entitled <i>A Pilot's Guide to Ground Icing</i>	An interactive website for the ground icing operational community. Videos, quizzes and text are arranged in an engaging format. NASA authorizes unlimited copying and downloading for personal use. This is recommended for all ground icing personnel, not just pilots. An individual can complete the course in a few hours.	<a href="http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses_ground.html">http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses_ground.html</a>
9	The CF ground icing training course developed by the Transport and Rescue Standardization and Evaluation Team (TRSET)	TRSET has updated this course specifically for the 2007/2008 winter season. Available on the DWAN only.	<a href="http://trenton.mil.ca/Lodger/TRSET/General.htm">http://trenton.mil.ca/Lodger/TRSET/General.htm</a>  Scroll down to "Ground Deicing Course"

# Emerging Technologies

By Alan White, P.Eng., Flight Sciences team lead, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

The topic of aircraft icing, both ground and airborne, remains an area for extensive research and development activity. New equipment and procedures are being developed and the standards and regulatory requirements necessary to implement them are having to evolve in step. This article gives a snapshot of some developments and trends relevant to ground icing that were apparent at the SAE Aircraft and Engine Icing Conference in Seville, Spain, held in September 2007.

## The pressure to reduce glycol usage

Environmental concerns regarding the effect of glycol on aquatic life and groundwater are becoming more prevalent. Airports are being faced with increasingly demanding regulations regarding fluid containment and recovery. For example, ditches at Trenton constructed for drainage have now been designated a protected ecosystem. Containment efforts have generally focused on using central deicing facilities (CDF) or designated deicing pads with carefully constructed drainage.

This, together with the specialist recovery vehicles, can be quite successful in recovering ADFs that run off the aircraft quickly, but does not address the flow-off of AAFs that is distributed along the runway area during takeoff roll. And recovering the fluids is expensive. It is generally accepted that the cost of recovery is typically three to four times the purchase cost, so there is also a major incentive to reduce the amount of fluid used.

The principal means to reduce the amount of fluid being used is by diluting them with water. The CDFs at Montreal and Toronto have been progressively reducing the average amount of fluid required to achieve a deiced aircraft by increasing the amount of dilution. The greatest dilution possible is limited primarily by the lowest operational use temperature (LOUT) of the diluted fluid and the temperature conditions at the time. Most of this has been done with a selection of pre-mixed fluids in various dilution ratios, but the CDF at Montreal (Trudeau) started with proportional blending at the nozzle during the winter of 2006/7. There are clearly also logistical and environmental benefits

of shipping the fluids to the airport facility in non-diluted form.

Forced air has also been used at various locations, primarily to clear away the bulk of any snow accumulation prior to starting the blast of hot ADF. Clearing wet snow with ADF requires large amounts of fluid, so mechanical clearing can deliver big savings. Forced air can also assist in laying down the coating of an AAF on a deiced wing. In this case the sheet of air is directed underneath the spray of AAF in such a manner that the fluid is carried further over the wing by the air and laid down gently with minimum runoff.

## Alternative fluids to glycol?

There has been considerable effort in the last few years to develop "green fluids" containing no glycol. Some glycol-free ADFs have been tested and shown to be compliant with SAE AMS 1424 (see page XX), but were found to have other characteristics that made them unsuitable for use. One of the fluids tended to foam, which made it difficult to detect the freezing failure, and another was found to leave unacceptable sticky residues. Octagon EcoFlow fluid received SAE approval in 2007 and has a

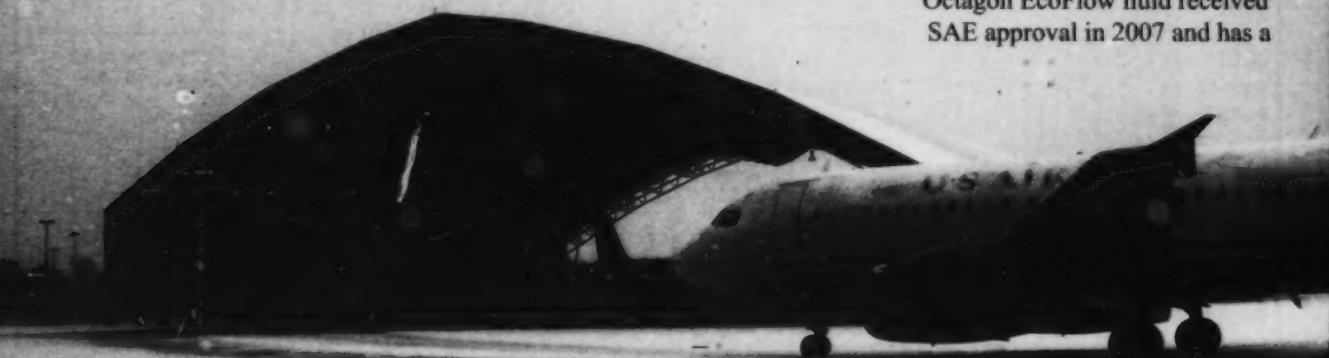


Photo: Infrared deicing facility  
Source: Fluids Analysis Services, Inc.

# Emerging Technologies

By Alan White, P.Eng., Flight Sciences team lead, Directorate of Technical Airworthiness and Engineering Support

The topic of aircraft icing, both ground and airborne, remains an area for extensive research and development activity. New equipment and procedures are being developed and the standards and regulatory requirements necessary to implement them are having to evolve in step. This article gives a snapshot of some developments and trends relevant to ground icing that were apparent at the SAE Aircraft and Engine Icing Conference in Seville, Spain, held in September 2007.

## The pressure to reduce glycol usage

Environmental concerns regarding the effect of glycol on aquatic life and groundwater are becoming more prevalent. Airports are being faced with increasingly demanding regulations regarding fluid containment and recovery. For example, ditches at Trenton constructed for drainage have now been designated a protected ecosystem. Containment efforts have generally focused on using central deicing facilities (CDF) or designated deicing pads with specially constructed drainage

This, together with the specialist recovery vehicles, can be quite successful in recovering ADFs that run off the aircraft quickly, but does not address the flow-off of AAFs that is distributed along the runway area during takeoff roll. And recovering the fluids is expensive. It is generally accepted that the cost of recovery is typically three to four times the purchase cost, so there is also a major incentive to reduce the amount of fluid used.

The principal means to reduce the amount of fluid being used is by diluting them with water. The CDFs at Montreal and Toronto have been progressively reducing the average amount of fluid required to achieve a deiced aircraft by increasing the amount of dilution. The greatest dilution possible is limited primarily by the lowest operational use temperature (LOUT) of the diluted fluid and the temperature conditions at the time. Most of this has been done with a selection of pre-mixed fluids in various dilution ratios, but the CDF at Montreal (Trudeau) started with proportional blending at the nozzle during the winter of 2006/7. There are clearly also logistical and environmental benefits

of shipping the fluids to the airport facility in non-diluted form.

Forced air has also been used at various locations, primarily to clear away the bulk of any snow accumulation prior to starting the blast of hot ADF. Clearing wet snow with ADF requires large amounts of fluid, so mechanical clearing can deliver big savings. Forced air can also assist in laying down the coating of an AAF on a deiced wing. In this case the sheet of air is directed underneath the spray of AAF in such a manner that the fluid is carried further over the wing by the air and laid down gently with minimum runoff.

## Alternative fluids to glycol?

There has been considerable effort in the last few years to develop "green fluids" containing no glycol. Some glycol-free ADFs have been tested and shown to be compliant with SAE AMS 1424 (see page XX), but were found to have other characteristics that made them unsuitable for use. One of the fluids tended to foam, which made it difficult to detect the freezing failure, and another was found to leave unacceptable white residue. Octagon EcoFlow fluid received SAE approval in 2007 and has a



hybrid makeup with reduced amount of glycol combined with other freezing point depressants.

## Infrared deicing

Radiant Aviation Services Inc has constructed several InfraTek® infrared deicing facilities and has received FAA approval of its system and funding support. The system comprises a large open-ended "drive through" hangar-type structure with radiant heaters aimed directly down at the upper surfaces of the aircraft and reflecting off the floor to deice under surfaces. The contaminants are melted off, and if the temperature is 0°C or lower the aircraft is then given a light application of ADF to prevent any refreezing of residual moisture. If only frost or leading edge rime ice is removed then the ADF fluid application is not required. The aircraft can then be anti-iced inside the structure in accordance with standard anti-icing policies and procedures.

This system has been in use by Continental Airlines at Newark, New Jersey, since 2000 where it is claimed to have achieved up to 90% reductions in glycol usage (100% during frost conditions). Average throughput time in ice and snow conditions for aircraft the size of a Boeing 737 is under seven minutes. The winter of 2006/2007 saw the first operation of a major new installation at JFK, New York, capable of accommodating a Boeing 747. That system is reported to have performed well during two severe ice storms. The USAF is studying materials compatibility and radiant energy levels and is considering a deployable modular installation that could deice a C17.

## Tempered steam

The Chinook Corporation has developed a deicing system

– currently at the development stage – using the latent heat<sup>1</sup> of steam to melt any contaminants. Steam is tempered by mixing it with air to control surface temperatures and is followed by a stream of hot dry air once the ice is removed to dry the surfaces completely and prevent refreezing (*Figure 1*). Most testing to date has been on a business jet wing structure, and one test in 2006 demonstrated removal of 0.4 to 1.6 mm of ice from the entire wing plus complete drying in 6.7 minutes. The winter of 2007/2008 will see full-scale operational tests on various aircraft types as well as the development of the system for application to turbofan engine inlets with the assistance of Air Canada. There is no high pressure jet of fluid and it is claimed that surface temperatures can be controlled very closely, so the technique is potentially suitable for use on transparencies and mechanisms such as helicopter blades and hubs, or on the relatively fragile structures of light aircraft.

## Holdover time determination systems (HOTDS) and liquid water equivalence (LWE)

The pilot decision-making article on page 44 identifies how the final holdover time (HOT) determination and compliance assessment is based on a sequence of decisions using weather data that is frequently imprecise or outdated and requires identification of both the type and the intensity of the precipitation. This frequently leads to conservative assumptions being made regarding the need for AAFs and the choice of the HOT table cell. Additionally,

<sup>1</sup> **Latent heat:** Heat that is absorbed or released when a substance changes state – such as from water to steam – at constant temperature and pressure.



**Figure 1:** Tempered steam: An early development version of the tempered steam delivery head is shown before being lowered over the frosted wing. Photo: APS Aviation

The HOT table formats used have been simplified to define a range of times for specific precipitation rates and temperatures and do not reflect the full capabilities of a fluid at the particular set of conditions.

Systems under development in Canada and USA are designed to provide frequent measurement of the liquid water equivalent (LWE) of any type of precipitation, together with other parameters such as wind and temperature, and to compute the predicted HOT for the prevailing conditions and the particular fluid in use. Transport Canada is allowing exploratory use of the D-Ice system shown in *Figure 2* (page 60) at the Montreal and Toronto airports, hopefully starting in 2008. The information produced will be available to the central deicing facility (CDF) and deicing crews, and also available to the dispatch office and directly to the flight decks of WestJet aircraft through the aircraft communications addressing and reporting system (ACARS).

The FAA and National Center for Atmospheric Research in USA, together with United Airlines, are working with a collection of weather sensors to generate real time reporting of both LWE and precipitation type. The winter of 2007/2008 will see installations at Pittsburgh, Chicago, Denver and Minneapolis/St. Paul being utilized



**Figure 2:** An exploratory D-Ice system that frequently measures the LWE of precipitation and other parameters. The output is provided directly to the CDF, deicing crews, the dispatch office, and the aircrew on the flight deck.

to provide a radio report every minute. The intention is to develop a "check time" prediction that would be continually updated according to changing conditions since spraying commenced and the forecast LWE through the remainder of the HOT.

### Ground ice detection systems (GIDS)

The "clean wing/clean aircraft" concept is fundamental to a successful takeoff and safe flight in ground icing conditions. As shown in the aerodynamics article in this publication, even a very small amount of ice remaining on critical surfaces can have a disastrous effect on performance and handling. Visual and tactile checks are the only approved methods of detecting any ice present prior to deicing and monitoring the integrity of the fluid afterwards to determine that the aircraft is clean. But these may have to be performed in very challenging conditions of darkness and blowing snow. As part of the attention given to ground icing over the last two decades, industry and research organizations have been striving to perfect and apply instrumentation that would assist the ground and flight crews in this critical task.

Two types of instrumentation have been developed. One type is built into the aircraft and provides an assessment of the surface condition

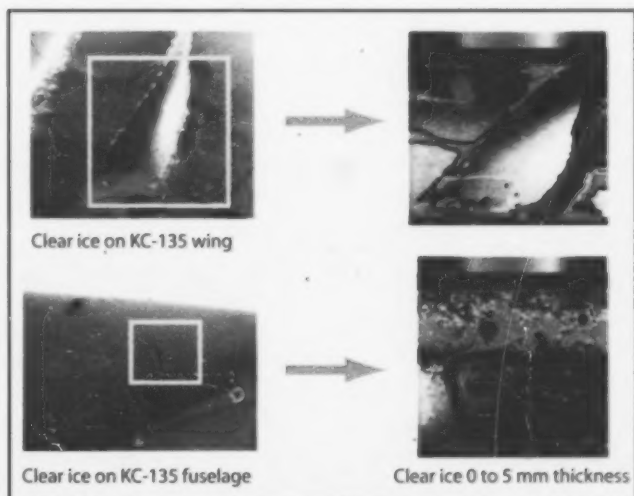
to the discrete locations where the sensors are mounted. The other type is designed to be mounted on an external structure - possibly in the spray bucket or on a post alongside the runway - and provide a wide area view of all the critical surfaces with false colour imaging to show ice and ice thickness. This second type is referred to as a remote on-ground ice detection system (ROGIDS). Typical output from the MacDonald Dettwiler (formerly SPAR) system is shown in *Figure 3*.

Manufacturers of both of the above GIDS systems felt that they had market-ready products many years ago but have been frustrated by arguments within the industry regarding the standards to which they would be certified and the applicable operating rules. Some argued that approval of *any* detection threshold would be violating the clean wing concept. As a result, Transport Canada and FAA have recently sponsored research that quantified the

at a number of points on the critical surfaces to a cockpit instrument. This is particularly effective in checking the condition of AAFs during a prolonged holdover time, but is limited

performance of the current visual and tactile methods in successfully detecting ice. The objective was to determine whether the GIDS offer a real improvement in the success rate and thus the safety of the operation. In September 2007 an international working group issued a standard (SAE AS 5681) that draws upon that research. It defines a detection threshold of 0.5 mm (0.020 inches) and other criteria for approval of ROGIDS.

At present time, the regulatory authorities are developing guidance materials that will define how the systems may be implemented. It looks likely that a cautious service trial of ROGIDS will begin at the earliest during the winter of 2008/2009 at a Canadian location with the objective of post-deicing use only. It may be some considerable time before the performance is adequately proven and the procedures are developed to allow these systems to contribute to the pre-takeoff contamination check. Further development and commercialization of the onboard "point sensors" is awaiting definition of a specific role for this type of GIDS in the sequence of decisions facing the flight crew. ♦



**Figure 3:** Example output from a ROGIDS.

# Glossary

*This glossary has been adapted from Transport Canada TP 14052E and is reproduced with permission. The following definitions are presented in the context of this document only. These definitions are not necessarily intended to apply universally to other documents.*

## **Aerodynamic acceptance test**

Laboratory test that establish if deicing and anti-icing fluids meet flow off requirements during takeoff ground acceleration and climb.

## **Aircraft deicing facility**

Means a facility where:

1. Frost, snow or ice are removed (deicing) from an aircraft in order to provide clean surfaces; and/or
2. Critical surfaces of the aircraft receive protection (anti-icing) against the formation of frost or ice, or the accumulation of snow or slush for a limited period of time;
3. Fluid Storage, Equipment Maintenance, Environmental Mitigation, Control Centre programs are in place.

## **Aircraft deicing pad**

A designated area on an aircraft deicing facility intended to be used for parking an aircraft to conduct deicing or anti-icing activities, consisting of an inner area for the parking of an aircraft to receive deicing/anti-icing treatment. On a central deicing facility, the aircraft deicing pad also includes an outer area for maneuvering deicing vehicles (safe zone). The outer area provides the vehicle lane width necessary for deicing vehicles to safely perform during the deicing operation.

## **Air operator**

The holder of an air operator certificate.

## **Air operator certificate**

A certificate issued under the CARs that authorizes the holder of the certificate to operate a commercial air service.

## **Anti-icing**

Anti-icing is a precautionary procedure that

provides protection against the formation of frost and/or ice and the accumulation of slush and/or snow on treated surfaces of an aircraft for a period of time during active frost, frozen precipitation, and freezing precipitation.

The application of a freezing point depressant to a surface either following deicing or in anticipation of subsequent winter precipitation is intended to protect the critical surfaces from ice adherence for a limited period of time. The fluid is capable of absorbing freezing or frozen precipitation until the fluid freezing point coincides with the ambient temperature. Once this fluid freezing point has been reached, the fluid is no longer capable of protecting the aircraft from ground icing conditions.

## **Apron**

Means that part of an aerodrome, other than the manoeuvring area, intended to accommodate the loading and unloading of passengers and cargo, the refuelling, servicing, maintenance and parking of aircraft, and any movement of aircraft, vehicles and pedestrians necessary for such purposes.

## **Central deicing facility (CDF)**

A Transport Canada approved facility at an airport for the purpose of conducting deicing and anti-icing operations.

## **Clean aircraft concept**

When conditions exist during ground operations that are conducive to aircraft icing, no person shall conduct or attempt to conduct a takeoff in an aircraft that has frost, ice or snow adhering to any of its critical surfaces.

## **Cold soaking**

Ice can form even when the outside air temperature (OAT) is well above 0°C (32°F). An aircraft equipped with wing fuel tanks may have fuel that is at a sufficiently low temperature such that it

lowers the wing skin temperature to below the freezing point of water. If an aircraft has been at a high altitude, where cold temperature prevails, for a period of time, the aircraft's major structural components such as the wing, tail and fuselage will assume the lower temperature, which will often be below the freezing point. This phenomenon is known as cold soaking. While on the ground, the cold soaked aircraft will cause ice to form when liquid water, either as condensation from the atmosphere or as rain, comes in contact with cold soaked surfaces.

### **Contamination**

Means any frost, ice, slush or snow that adheres to the critical surfaces of an aircraft.

### **Critical surfaces**

"Critical surfaces" means the wings, control surfaces, rotors, propellers, upper surface of the fuselage on aircraft that have rear-mounted engines, horizontal stabilizers, vertical stabilizers, or any other stabilizing surface of an aircraft.

### **Critical surface inspection**

A critical surface inspection is a pre-flight external inspection of critical surfaces conducted by a qualified person as specified in CAR Part VI, subsection 602.11(5), to determine if they are contaminated by frost, ice, snow or slush. This inspection is mandatory whenever ground icing conditions exist and, if the aircraft is deiced/anti-iced with fluid, must take place immediately after the final, application of fluid or where an approved alternative method of deicing is used, upon completion of this process. After the inspection, a report completed by a qualified individual must be submitted to the pilot-in-command.

### **Critical surface inspection report**

This report must be made to the pilot-in-command and, if applicable, state the time at which the last full application of deicing or anti-icing fluid began, the type of fluid used, the ratio of the fluid mixture. The sequence in which the critical surfaces were deiced or anti-iced must be stated. In addition, the report must confirm that all critical surfaces are free of contamination.

### **Defrosting**

The removal of frost, from an aircraft's critical surfaces, and their subsequent protection.

### **Deicing**

Deicing is a procedure by which frost, ice, slush or snow is removed from an aircraft to render it free of contamination.

Deicing is a general term for the removal of ice, snow, slush or frost from an aircraft's critical surfaces, by mechanical means, by the use of heat, or by the use of a heated fluid or a combination thereof. When frost, snow or ice is adhering to a surface, the surface must be heated and fluid pressure used to remove the contaminant.

### **Flight time**

The time from the moment an aircraft first moves under its own power for the purpose of flight until the moment it comes to rest at the next point of landing.

### **Fluid deicing/anti-icing methods**

These are methods of using acceptable fluids for the removal of frozen contamination from an aircraft's critical surfaces and then for preventing the formation and/or accumulation of contamination on an aircraft for a limited period of time. The details are contained in The Society of Automotive Engineers (SAE) document ARP4737: "Aircraft deicing/anti-icing Methods".

### **Fluid endurance time**

Endurance times of anti-icing fluids are measured in laboratory and field tests under specific contamination and temperature conditions using flat test plates in accordance with the SAE documents AMS 1424 & AMS 1428. These tests are considered to replicate the failure of fluid during aircraft operations.

### **Fluid failure**

Typically, in the case of snow, a layer of snow eventually accumulates on the surface of the fluid and is no longer being absorbed by the fluid. The appearance of a build up becomes evident. There is a distinct loss of shine or gloss on the surface of the fluid. In the case of freezing precipitation, usually only a reduction in shine or gloss on the surface results, and it is particularly difficult to detect.

### **Forced air deicing method**

This is a method of deicing using a concentrated flow of air under pressure to remove frozen contamination from an aircraft; it may be used in conjunction with deicing fluids.

### **Freezing point of a fluid**

The point at which a fluid mixture is diluted enough to freeze.

### **Freezing rain**

Droplets of rain that freeze immediately on contact with structures or vehicles.



## **Frontline employees**

Trained employees that are responsible for the deicing, anti-icing and contamination inspections of aircraft.

## **Ground ice detection system (GIDS)**

A ground ice detection system is designed to detect frozen contaminants on an aircraft. These systems can be either ground based or aircraft based systems. GIDS may be either a spot sensor or an area sensor system. If approved by Transport Canada, such a system may be used as an alternative to other inspection methods.

## **Ground icing conditions**

With due regard to aircraft skin temperature and weather conditions, ground icing conditions exist when frost, ice, or snow is adhering or may adhere to the critical surfaces of an aircraft.

An approved Ground Icing Program must specify the procedure for identifying the existence of ground icing conditions and the initiation of ground icing operations.

Ground Icing Conditions also exist when active frost, frozen or freezing precipitation is reported or observed.

## **Ground icing operations program**

A Ground Icing Operations Program consists of a set of procedures, guidelines, and processes, documented in manuals, which ensure that an Air Operator's aircraft does not depart with frost, ice, snow or slush adhering to critical surfaces. This program is mandatory for CAR 705 operations and must be approved by Transport Canada.

## **Hail**

Hail is precipitation consisting of small balls or pieces of ice with a diameter ranging from 5 mm to greater than 50 mm falling either separately or agglomerated.

## **High humidity endurance test (HHET)**

A laboratory test that measures endurance time of anti-icing fluid under conditions of high humidity. This test is intended to simulate frost conditions.

## **Holdover time (HOT)**

Holdover time is the estimated time that an application of anti-icing fluid is effective in preventing frost, ice, slush or snow from adhering to treated surfaces. Holdover time is calculated as the beginning with the final application of the anti-icing fluid, and as expiring when the fluid is no longer effective, as measured in endurance time tests and published in "Holdover Time Guidelines".

## **Hoarfrost**

Hoarfrost is a uniform thin white deposit of fine crystalline texture, which forms on exposed surfaces during below-freezing, calm, cloudless nights with the air at the surface close to saturation but with no precipitation. The deposit is thin enough for surface features underneath, such as paint lines, markings and lettering, to be distinguished.

## **Holdover time guidelines**

Holdover Time Tables are referred to as Holdover Time Guidelines because this term more appropriately represents their function in providing guidance to flight crew and the need for the flight crew to use judgment in their interpretation.

Fluid holdover times, as published by Commercial and Business Aviation, Transport Canada, are found in "Holdover Time Guidelines" as tables and may be used either as guidelines or decision-making criteria in assessing whether it is safe to take off. When holdover times are used as decision-making criteria, only the lowest time value in a cell shall be used. The procedures to be followed after the holdover time has expired must be clearly documented. The use of holdover time guidelines is mandatory if they are part of the Air Operator's approved ground icing program.

## **Ice**

The solid form of water. Clear ice is often difficult to detect visually on an aircraft's critical surfaces. It can be present in a transparent form, which may make the aircraft's critical surfaces appear to be wet.

## **Icehouse**

A specially equipped control center, located within a Central Deicing Facility, to control and monitor all operations associated with the facility.

## **Ice pellets**

These are a type of precipitation consisting of transparent or translucent pellets of ice, 5 mm or less in diameter.

They may be spherical, irregular, or (rarely) conical in shape. Ice pellets usually bounce when hitting hard ground, and make a sound upon impact.

## **Infrared heat deicing method**

This is a method of deicing using infrared (IR) thermal energy.

## **Manoeuvring area**

Means that part of an aerodrome to be used for the takeoff, landing and taxiing of aircraft, excluding aprons.

## Operations bulletins

A method of formally advising employees of procedural changes or new information related to local deicing operations.

## Pilot in command (PIC)

The pilot that is responsible for the operation and safety of an aircraft during flight time.

## Precipitation rate

The rate at which precipitation is either measured or judged to be falling. Precipitation rate is a key factor in estimating the Holdover Time for an anti-icing fluid because it is the indication of moisture content.

## Pre-takeoff contamination inspection

A pre-takeoff contamination inspection is an inspection conducted by a qualified person, immediately prior to takeoff, to determine if an aircraft's critical surfaces are contaminated by frost, ice, slush or snow. This inspection is mandatory under some circumstances.

## Pre-takeoff contamination inspection report

This report must be made to the pilot-in-command and must describe how the inspection was conducted. The report must also confirm that all critical surfaces are free of contamination.

## Representative Surface

Aircraft representative surfaces are those surfaces which can be readily and clearly observed by flight crew during day and night operations, and which are suitable for judging whether or not critical surfaces are contaminated. Examination of one or more representative aircraft surfaces may be used for the Pre-Take-off Contamination Inspection; if a tactile examination is not required. Transport Canada must approve the use of these aircraft specific surfaces.

## Service provider

The organization providing de/anti-icing related services to air operators at a given location. The Service Provider may be a qualified third party, another airline, or the Air Operator. The Service Provider must provide a service in accordance with the air operator's approved ground icing program, where such a program exists.

## Slush

Partially melted snow or ice, with a high water content, from which water can readily flow.

In the ground icing environment slush may include chemicals.

## Snow grains

These are a precipitation comprised of very small white and opaque grains of ice. These grains are fairly flat or elongated; their diameter is less than 1 mm. When they hit hard ground, they do not bounce or shatter.

## Snow pellets

These are a kind of precipitation, which consists of white and opaque grains of ice. These grains are spherical or sometimes conical; their diameter is about 2-5 mm. Grains are brittle, easily crushed. They do bounce and may break on hard ground.

## Specimen sheet

A Specimen Sheet is a master list containing the signatures and the initials of employees. New hire employees are added to the sheet at the completion of training. The purpose of the Specimen Sheet is to verify an employee's signature or initials against what is recorded on the Record of Procedural Changes and other official documentation and therefore the validity of the entry.

## Staging bay

A dedicated area behind and adjacent to each deicing bay, where aircraft await approval to enter the deicing bay.

## Tactile inspection

A tactile inspection requires that a person physically contact specific aircraft surfaces. Tactile inspections, under certain circumstances, may be the only way of confirming that the critical surfaces of an aircraft are not contaminated. For some aircraft, tactile inspections are mandatory, as part of the deicing/anti-icing inspection process, to ensure that the critical surfaces are free of frozen contaminants.

## Taxiway

Means a defined path on a land aerodrome established for the taxiing of aircraft and intended to provide a link between one part of the aerodrome and another.

## Terminal deicing facility

Means a deicing facility for one or several aircraft located at or near the terminal or other location where aircraft loading activity normally takes place.

## Water spray endurance test (WSET)

WSET is a laboratory test that measures the endurance time of anti-icing fluids under conditions of light freezing precipitation. This test is used to classify and to certify fluids according to SAE AMS specifications. ♦



National  
Défense

Défense  
nationale



# Droit au bout

## Givrage au sol



Canada

## Droit au but

### DIRECTION DE LA SÉCURITÉ DES VOLS

Directeur - Sécurité des vols  
Colonel C.R. Shelly

Rédacteur en chef  
Lieutenant Justine Lawrence

Assistant à la rédaction  
Capitaine Stéphane Paquet

Graphiques, conception et  
mise en page  
Caporal Eric Jacques  
Sous-lieutenant Chris Cole

*Droit au but* est une revue qui se concentre sur un seul sujet d'intérêt, et est publiée une fois par an par la Direction de la Sécurité des vols. Elle est distribuée aux abonnés de la revue. Propos de vol. Les articles publiés ne reflètent pas nécessairement la politique officielle et, sauf indication contraire, ne constituent pas des règlements, des ordonnances ni des directives. Votre appui et vos commentaires sont les bienvenus pour les numéros subséquents de la revue *Droit au but*. Les textes soumis deviennent la propriété de la Direction de la Sécurité des vols et peuvent être modifiés quant à leur longueur ou à leur format.

Des efforts raisonnables ont été faits afin d'obtenir la permission des photographes pour inclure les photos contenues dans cette revue. Cependant, certaines sources n'ont pu être retracées. Prière de contacter l'éditeur si vous reconnaissez une photo dont vous êtes l'auteur et désirez que vos crédits soient inclus dans la version électronique de la revue.

#### Envoyer vos articles à :

Rédacteur en chef  
Direction de la Sécurité des vols  
OASD/Chief d'état-major de  
la Force aérienne  
Bâtisse Megan George R. Postcas  
161 Colonel By Drive  
Ottawa (Ontario) Canada K1A 0K2

Téléphone : (613) 992-0198

Télécopieur : (613) 992-9187

Courriel : [Proutt.D@forces.gc.ca](mailto:Proutt.D@forces.gc.ca)

Pour abonnement, contacter : Éditions et services de dépôt, TPSGC, Ottawa, Ont. K1A 0S6 Téléphone : 1-800-635-7943 Abonnement annuel : Canada, 19,95 \$; chaque numéro 7,95 \$; pour autre pays, 19,95 \$ US, chaque numéro 7,95 \$ US. Les prix n'incluent pas le TPS. Faire votre chèque ou mandat-poste à l'ordre du Receveur général du Canada. La reproduction du contenu de cette revue n'est permise qu'avec l'approbation du rédacteur en chef.

Pour informer le personnel de la DSV d'un événement URGENT relié à la sécurité des vols, contacter un enquêteur qui est disponible 24 heures par jour au numéro 1-888-WARN-OFS (827-8337).

Le page Internet de la DSV à l'adresse [www.airforce.forces.gc.ca/dsv](http://www.airforce.forces.gc.ca/dsv) offre une liste plus détaillée de personnes pouvant être jointes à la DSV ou écrivez à [dsv.dsv@forces.gc.ca](mailto:dsv.dsv@forces.gc.ca).

ISSN 1916-5250  
A-15-605-006/JP-420

Page couverture : Un Aurore  
au dégivrage  
Photo : APS Aviation

# Sommaire

Préface.....	3
Givrage au sol Du travail pour rien? .....	4
La menace du givrage Des conditions météo dangereuses pour vous .....	8
Givre et opérations des aéronefs en conditions de givrage au sol.....	14
Aérodynamique et performances Il ne suffit que d'un tout petit peu de givre! .....	17
→ Collision avec le pont à Washington .....	21
Rendez-moi mon appareil! Pression opérationnelle et dégivrage .....	23
→ La performance sous pression Good Show remis au Capitaine Bonnie Blocka .....	24
Méthodes de dégivrage.....	25
→ Infiltration insidieuse Incident de Tutor .....	26
La physique et la chimie derrière les liquides de dégivrage et d'antigivrage .....	28
L'utilisation des liquides de dégivrage et d'antigivrage pendant les opérations givrantes au sol.....	31
Givrage au sol des hélicoptères .....	37
Équipement et infrastructure pour les opérations en conditions de givrage au sol.....	39
Vue de la nacelle .....	41
→ Accident de Mirabel .....	43
Du parking à la piste Décisions du pilote en conditions givrantes au sol.....	44
→ Accident d'un Challenger à Birmingham (Angleterre) .....	49
Opérations des FC à partir d'installations commerciales .....	50
Opérations hivernales Une question de conscience de la situation .....	52
Opérations en régions inhospitalières.....	55
→ La troisième chance Opérations SAR et capacité de dégivrage.....	55
Formation à l'intention du personnel au sol et des équipages de conduite .....	57
Références et ressources d'entraînement.....	59
Nouvelles technologies .....	60
Glossaire .....	63

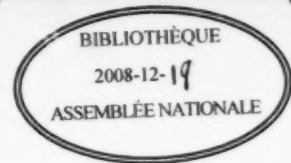
## Remerciements

Il convient de remercier un certain nombre de personnes bien informées non membres du MDN pour leur apport au contenu du présent document. Leurs contributions comprennent la fourniture de photos, de renseignements et de documents écrits. Ce sont, dans le désordre : M. Kevin Williamson, expert en opérations en conditions givrantes au sol; le Commandant John Horrigan, Air Canada, sciences aéronautiques; M. Clint Tanner, Bombardier, sciences aéronautiques; M. John d'Avirro, APS Aviation Inc., à Montréal; M. Michael Chaput, APS Aviation Inc.; M. Doug Ingold, Transports Canada; M. Ron Tidy, Transports Canada; et M. Barry Myers, Centre de développement des transports, Transports Canada.

De nombreux membres du Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (SCOUIC), de Transports Canada, ont généreusement consacré du temps, de leur expérience et de leur expertise à la création du Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (IOSC). La somme des connaissances qu'ils ont partagées a été très précieuse pour la production du présent document. Merci infiniment!



# Préface



## Le Colonel C.R. Shelley, directeur de la Sécurité des vols

J'ai le plaisir de vous présenter le premier numéro de *Droit au but*, dont le sujet est le givrage au sol. La Direction de la sécurité des vols a le mandat de faire de la promotion et de la sensibilisation autour de questions touchant la sécurité des vols. La publication de numéros spéciaux comme *Droit au but* est un excellent moyen de mettre en relief des préoccupations aussi importantes en matière de sécurité que le givrage au sol.

Grâce à leurs moteurs modernes et puissants, à leur avionique évoluée et à leurs structures aérodynamiques élégantes conçues par ordinateur, les aéronefs d'aujourd'hui pourraient donner l'impression qu'ils ne sont pas autant touchés par le givrage au sol que les aéronefs d'antan. Après tout, les liquides de dégivrage et d'antigivrage permettent de décoller par mauvais temps, et les installations et l'équipement sont facilement disponibles. Mais ne vous y trompez pas! Le givrage peut être tout aussi fatal aujourd'hui qu'il ne l'a jamais été et, comme le présent numéro vous le montrera, il constitue une menace permanente pour la sécurité des vols.

Une partie des raisons expliquant pourquoi le givrage au sol est maintenant une cause peu fréquente d'accidents d'aviation réside dans le fait que nous appris des dures leçons du passé et que nous sommes moins susceptibles de commettre les mêmes erreurs. Néanmoins, comme le montrent certains des articles, de graves accidents continuent de se produire à cause de conditions givrantes qui auraient pu être évitées ou qui n'ont pas été jugées menaçantes pour la sécurité. Notre objectif en préparant le présent numéro de *Droit au but* est de garder le sujet du givrage au sol bien d'actualité afin que nous n'oublions pas cette menace qui est plus omniprésente que jamais. Le présent numéro vous fera également part de l'important travail qui a cours dans les Forces canadiennes et ailleurs pour réduire encore plus cette menace que représente le givrage pour la sécurité aérienne.

J'attends avec impatience la publication d'autres numéros de *Droit au but* à l'avenir, lesquels traiteront de sujets tout aussi importants pour la sécurité des vols. ♦

## Le LCol A.M. Turkington et le LCol Colin Keiver, coprésidents du Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes

En juin 2005, le Conseil d'examen de la navigabilité (CEN) des Forces canadiennes a ordonné la création du Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (IOSC) pour combler les vides dans le programme de dégivrage, étudier l'exigence visant à commencer à utiliser les liquides d'antigivrage, et raffiner les procédures opérationnelles connexes. Depuis, la rencontre annuelle a servi de moyen par lequel bon nombre de nos membres de la communauté militaire se réunissent pour faire la promotion de la sécurité des vols en conditions givrantes et, de ce fait, améliorer la capacité opérationnelle. À cette fin, des groupes de travail spécialisés ont été formés pour se pencher sur la formation et les normes, les liquides, l'infrastructure, l'environnement et le givrage des aéronefs à voilure tournante. Récemment, l'IOSC a récolté le fruit de ses efforts lorsque les procédures d'opérations pour conditions de givrage des flottes de *Hercules* et d'*Aurora* ont été complétées. En janvier 2008, ces procédures étaient sur le point d'être approuvées.

Un des principaux objectifs permanents de l'IOSC consiste à favoriser et à appuyer les communications et le partage de l'information touchant aux opérations

des aéronefs en conditions givrantes, tant au sol qu'en vol. Nous avons été grandement aidés dans nos efforts par nos collègues civils, qui ont partagé leurs connaissances des développements actuels et leurs meilleures pratiques dans ce domaine. Les spécialistes du MDN participent aussi avec intérêt à des activités et à des comités internationaux qui contribuent à faire progresser nos connaissances. Le site Web de l'IOSC renferme maintenant une grande quantité de renseignements qui peuvent constituer une référence précieuse et une ressource pour la formation. Nous vous encourageons à nous faire part de votre opinion et espérons que tous les membres des FC préoccupés par les opérations en conditions givrantes communiqueront avec l'IOSC par l'intermédiaire de son site Web (<http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/lcing%20info/lcing.html>) pour partager un rapport ou formuler des suggestions.

Comme co-présidents de l'IOSC, nous sommes heureux de voir que le sujet du premier numéro de *Droit au but* porte sur les opérations en conditions givrantes au sol. Comme vous le verrez dans tout ce numéro, le givrage est une réalité incontournable. ♦



# Givrage au sol

## Du travail pour rien?

par Alan White, P.Eng., chef d'équipe des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

### Est-ce vraiment utile?

*Pourquoi les FC consacrent-elles tant d'efforts à améliorer nos opérations par conditions givrantes au sol?*

*Après tout, nous ne déplorons aucun accident lié au givrage au sol depuis des lustres.*

Vous faites probablement partie d'une des trois catégories suivantes de personnel navigant ou au sol: a) vous n'avez vu aucun titre de journal ces récentes années traitant d'accidents causés par le givrage au sol, donc vous concluez que le problème est réglé; b) vous relatez des anecdotes devant une bière en rappelant le jour où votre avion a tout juste franchi la cime des arbres après une décision hasardeuse de décoller; ou c) vous vous préoccupez du fait que les ressources et les procédures des FC sont moins avancées que celles du secteur civil pour ce qui est de la gestion du risque associé aux départs dans des conditions givrantes. Si vous êtes de la dernière catégorie vous devriez être félicités : vous êtes bien au fait de la situation des opérations des FC par conditions givrantes.

Le présent article explique pourquoi le sujet a reçu une très grande attention et a bénéficié d'importants efforts au cours des deux dernières décennies, et pourquoi les changements apportés par les gros exploitants civils ont nettement amélioré la sécurité. Ces changements sont maintenant en train d'être introduits au sein des FC, sous la direction du Comité permanent des opérations en conditions

givrantes (IOSC), avec le double objectif d'augmenter notre capacité opérationnelle et d'améliorer la sécurité de nos équipages et de nos passagers.

### Le nombre d'accidents : empiler jusqu'au point de chute

Le nombre d'accidents attribuables au givrage au sol dans les lignes aériennes au cours des années 1970 a augmenté lentement, mais plusieurs accidents très médiatisés au cours des années 1980 ont vraiment attiré l'attention de l'industrie, des organismes de réglementation et du public. Vous en trouverez un sommaire au *Tableau 1* et à la *Figure 1*. L'écrasement d'un vol d'Air Florida à Washington, dans la rivière Potomac, en 1982, a été un accident très largement médiatisé, faisant 78 victimes, dont 4 ne se trouvaient pas à bord de l'avion. On croit que le givrage au sol a été un facteur contributif important dans l'accident d'un DC8, à Gander, en 1985, et ce dernier s'est soldé par la perte de 256 vies humaines. En 1989, un F28 d'Air Ontario a tenté de décoller de Dryden (Ontario) alors qu'il y avait de la neige sur ses ailes et il s'est écrasé en faisant 24 victimes. Par la suite, une importante Commission d'enquête publique présidée par le juge Moshansky a été instituée, et nous y reviendrons un peu plus loin dans l'article. En 1991, dans ce qui a été appelé « le miracle de Stockholm », un MD 80 a subi l'extinction de

ses deux moteurs peu après le décollage à la suite de l'ingestion de verglas qui s'était détaché des ailes. L'avion s'est posé dans un champ, et le fuselage s'est disloqué en trois parties. Étonnamment, personne n'a été tué. D'autres accidents dignes de mention à cette époque se sont produits à Philadelphie (1985), à Denver (1987), à Cleveland (1991) et à La Guardia (1992). De nombreux accidents de l'aviation d'affaires et de l'aviation générale ont aussi attiré l'attention des spécialistes de l'industrie, sans toutefois susciter un intérêt plus marqué de la part des médias et du public. Une liste d'accidents au décollage causés par de la contamination par le givre et compilée en 2004 a permis de conclure que, dans l'ensemble, plus de 750 vies humaines et 22 aéronefs ont été perdus au cours des 36 années précédentes.



Washington, 1982



ANNÉE	ENDROIT	AÉRONEF	CAUSE
2004	St. Louis	Hiersa	Moteurs
2004	Montrose	Challenger	Neige
2004	China	RJ	Givre
2002	Birmingham	Challenger	Givre
2001	Edinburgh	Shorts 360	Moteurs
2000	Moscow	Yak 40	Neige, décrochage
1993	Skopje	F 100	En instance
1991	Cleveland	DC 9	Glace, décrochage
1989	Seoul	F 28	Moteur
1989	Kimpo, Korea	F 28	Moteur
1988	Honshu, Japan	YS 11	Commandes, interruption
1985	Philadelphia	DC 9	Glace
1985	Minsk	Tu 134	Moteurs

**Tableau 1 :** Sommaire d'accidents graves liés à des problèmes de givrage au sol depuis 1985. **En bleu :** vols d'affaires et vols cargo; **en jaune :** autres lignes aériennes; **en rouge :** lignes aériennes occidentales.

Au Canada, l'enquête Dryden (aussi appelée Commission Moshansky) a cerné un grand nombre de défaillances systémiques en plus des causes spécifiques de l'accident. Le rapport final comptait 1700 pages

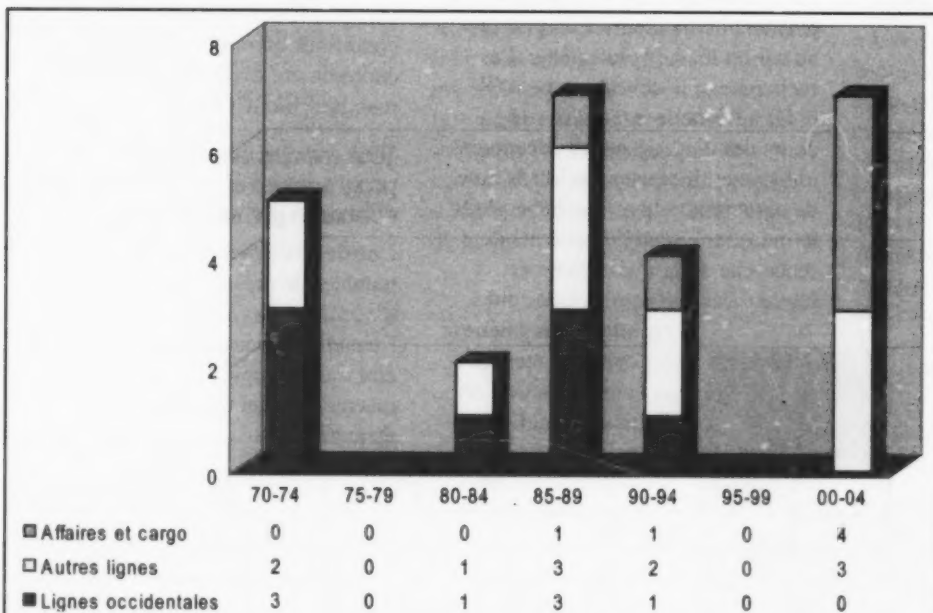
en quatre volumes et renfermait pas moins de 193 recommandations à portée étendue. Le gouvernement a décrété que d'importants efforts en vue d'améliorer la sécurité étaient nécessaires et il a débloqué des fonds

par l'intermédiaire de Transports Canada afin de mettre en œuvre les recommandations de la Commission. La construction de centres de dégivrage aux principaux aéroports est un exemple de changements découlant du Plan de mise en œuvre des recommandations de la Commission Dryden, qui est toujours en vigueur aujourd'hui (hiver 2007-2008).

### Liquides de dégivrage et d'antigivrage à la rescousse : un domaine émergent

Les liquides de dégivrage à base de glycol sont utilisés depuis de nombreuses années, mais des accidents, dont plusieurs mentionnés précédemment, résultent toujours de perceptions erronées relatives à la capacité d'un liquide de dégivrage de fournir une protection pendant un certain temps dans des précipitations de neige ou des précipitations verglaçantes. Au cours des années 1980, les Européens ont pris l'initiative de mettre au point un nouveau type de liquide à appliquer après le dégivrage et qui

permettait d'augmenter considérablement la durée de protection. Cette catégorie de liquides est connue sous le nom de liquides d'antigivrage. Ces liquides ont d'abord fait leur apparition alors que très peu d'études scientifiques permettaient de déterminer la durée réelle de la protection ainsi que comment et quand il s'écoule de l'aile lors de la course au décollage. De toute évidence, il fallait une approche systématique pour déterminer le rendement de tous les liquides, se servir en toute sécurité de ces derniers et optimiser les procédures connexes. Le moyen qui a permis de réaliser



**Figure 1 :** Sommaire d'accidents graves liés à des problèmes de givrage au sol entre 1970 et 2004. Les liquides d'antigivrage ont fait leur apparition vers la fin des années 1980, tandis que des programmes contre le givrage ont commencé à être appliqués au sein de lignes aériennes occidentales au début des années 1990.



ANNÉE	ENDROIT	AÉRONEF	CAUSE
2004	St. Louis	Hansa	Moteurs
2004	Montrose	Challenger	Neige
2004	China	RJ	Givre
2002	Birmingham	Challenger	Givre
2001	Edinburgh	Shorts 360	Moteurs
2000	Moscow	Yak 40	Neige, décrochage
1993	Skopje	F 100	En instance
1992	La Guardia	F 28	Glace, décrochage
1991	Stockholm	MD 80	Verglas, moteurs
1991	Cleveland	DC 9	Glace, décrochage
1989	Seoul	F 28	Moteur
1989	Dryden	F 28	Neige
1989	Kimpo, Korea	F 28	Moteur
1988	Honshu, Japan	YS 11	Commandes, interruption
1987	Denver	DC 9	Neige
1985	Philadelphia	DC 9	Glace
1985	Minsk	Tu 134	Moteurs
1985	Gander	DC 8	Neige

**Tableau 1** : Sommaire d'accidents graves liés à des problèmes de givrage au sol depuis 1985. **En bleu** : vols d'affaires et vols cargo; **en jaune** : autres lignes aériennes; **en rouge** : lignes aériennes occidentales.

Au Canada, l'enquête Dryden (aussi appelée Commission Moshansky) a cerné un grand nombre de défaillances systémiques en plus des causes spécifiques de l'accident. Le rapport final comptait 1700 pages

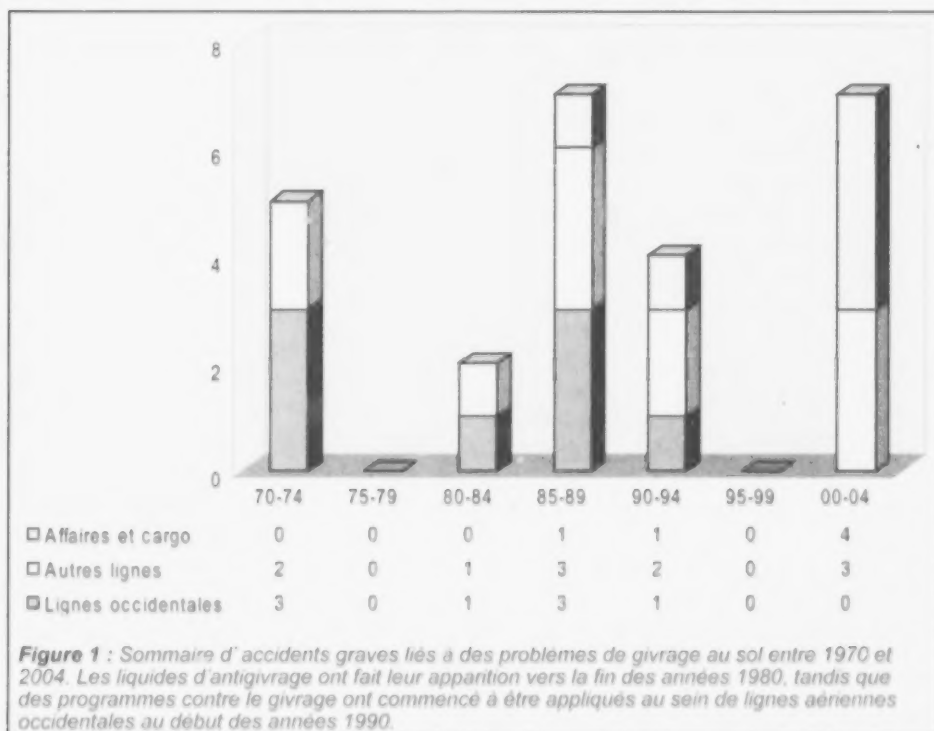
en quatre volumes et renfermait pas moins de 193 recommandations à portée étendue. Le gouvernement a décrété que d'importants efforts en vue d'améliorer la sécurité étaient nécessaires et il a débloqué des fonds

par l'intermédiaire de Transports Canada afin de mettre en œuvre les recommandations de la Commission. La construction de centres de dégivrage aux principaux aéroports est un exemple de changements découlant du Plan de mise en œuvre des recommandations de la Commission Dryden, qui est toujours en vigueur aujourd'hui (hiver 2007-2008).

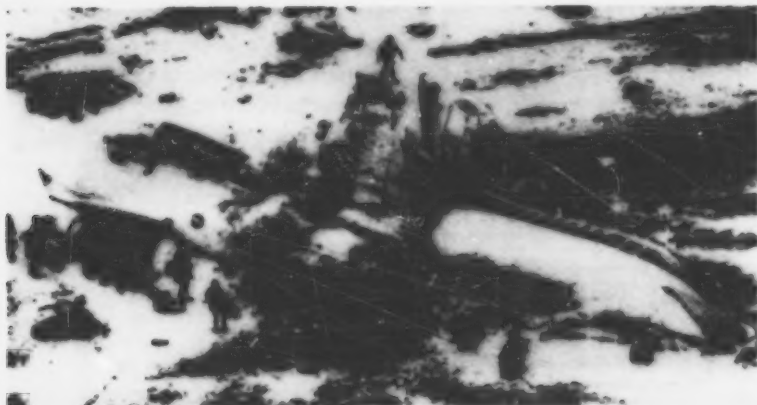
## Liquides de dégivrage et d'antigivrage à la rescousse : un domaine émergent

Les liquides de dégivrage à base de glycol sont utilisés depuis de nombreuses années, mais des accidents, dont plusieurs mentionnés précédemment, résultent toujours de perceptions erronées relatives à la capacité d'un liquide de dégivrage de fournir une protection pendant un certain temps dans des précipitations de neige ou des précipitations verglaçantes. Au cours des années 1980, les Européens ont pris l'initiative de mettre au point un nouveau type de liquide à appliquer après le dégivrage et qui

permettait d'augmenter considérablement la durée de protection. Cette catégorie de liquides est connue sous le nom de liquides d'antigivrage. Ces liquides ont d'abord fait leur apparition alors que très peu d'études scientifiques permettaient de déterminer la durée réelle de la protection ainsi que comment et quand il s'écoule de l'aile lors de la course au décollage. De toute évidence, il fallait une approche systématique pour déterminer le rendement de tous les liquides, se servir en toute sécurité de ces derniers et optimiser les procédures connexes. Le moyen qui a permis de réaliser







**Denver, 1987**

Source : [www.baae-acro/photos/DC-9-Continental-Denver.jpg](http://www.baae-acro/photos/DC-9-Continental-Denver.jpg)

toutes ces actions est le Comité sur le givrage au sol « G-12 » de la SAE, présenté ci-dessous.

À la suite de nombreux accidents vers le début des années 90, le National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis avait placé les questions liées au givrage en tête de liste des mesures requises de la Federal Aviation Administration (FAA) pour améliorer la sécurité. En réponse, la FAA a fourni des fonds pour aider les industries de l'aviation et de l'aérospatiale à former le Comité G-12 de la SAE. Ce comité est toujours très actif, comptant des groupes de travail spécialisés qui examinent tous les aspects des opérations en conditions givrantes. La participation est internationale et elle provient de tous les secteurs de l'industrie, notamment les constructeurs, les exploitants et les organismes de réglementation. Les

participants canadiens en sont venus à jouer un rôle de premier plan : tous les liquides sont maintenant testés au Canada et approuvés en fonction de normes SAE (AMS 1424 pour les liquides de dégivrage de Type I et AMS 1428 pour les liquides d'antigivrage de Types II, III et IV). Les durées d'efficacité publiées et utilisées à travers le monde résultent aussi des essais réalisés au Canada.

### **Recherche et autres efforts de développement**

Le facteur contributif commun à tout accident ou incident lié au givrage au sol est le temps lui-même. La recherche et le développement (R et D) à l'échelle internationale au cours des deux dernières décennies ont porté principalement sur le fait de comprendre le milieu hébergeant la menace. Les établissements de recherche du gouvernement et les services météorologiques ont

constamment amélioré les outils de mesure et la modélisation de l'atmosphère. Leur objectif consiste à améliorer l'exactitude et le moment opportun du compte rendu des conditions en cours ainsi que les prévisions à court terme. Cet objectif est critique pour la détermination

de la durée d'efficacité d'un liquide. Les efforts déployés ont apporté un avantage important dans la recherche visant à réduire les accidents en vol causés par le givrage.

Bien d'autres efforts de R et D ont porté sur l'équipement de détection pour de nombreuses bonnes raisons : aider les pilotes à décider si des contaminants adhèrent ou non aux surfaces critiques, réduire au minimum la quantité de glycol nécessaire pour permettre le décollage, fournir des solutions de rechange à l'utilisation du glycol, et assurer que les exigences réglementaires emboîtent le pas à une meilleure compréhension résultant de tout le travail accompli. Il y a régulièrement des forums internationaux qui permettent de partager l'information, et Transports Canada tient une réunion annuelle appelée Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (SCOUC) pour informer pleinement les exploitants, les gestionnaires d'aéroports et les fournisseurs de services canadiens des progrès réalisés. Notre propre Comité permanent des opérations en conditions givrantes (IOSC) a reçu énormément d'aide de la part des membres du SCOUC<sup>1</sup>.

### **Tout mettre ensemble : programmes approuvés de lutte contre le givrage au sol**

Une des caractéristiques les plus notables de presque tout rapport d'accident d'aviation récent est l'étendue variée des sujets qui doivent être traités, depuis les questions essentiellement techniques jusqu'à la formation et aux facteurs humains. Les conclusions de la Commission Moshansky montrent que le givrage au sol est une question encore plus complexe que la plupart des autres défis de l'aviation. Par exemple, la



**Dryden, 1989**

Photo : Transports Canada

<sup>1</sup> Nous reconnaissons l'aide remarquable apportée par les membres du SCOUC à l'IOSC.



**Stockholm, 1991**

coordination entre les fournisseurs de services au sol, l'équipage de conduite et les contrôleurs de la circulation aérienne est un élément critique. De plus, la Commission a fortement critiqué la culture présente au sein de la ligne aérienne à l'époque. Transports Canada a réagi en introduisant une exigence destinée à tous les aéronefs de la catégorie transport exploités au sein de lignes aériennes pour que soit créé un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol (AGIP). La Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis et les organismes de réglementation européens ont adopté des exigences similaires. Ces programmes visent à assurer que des normes soient définies pour chaque partie du processus, que le matériel approprié soit disponible et que tout le personnel soit formé de

façon suffisante. Ces programmes permettent aussi aux lignes aériennes et aux fournisseurs de services de comprendre les besoins et les ressources de l'autre, et de confirmer que les normes pertinentes sont respectées.

Transports  
Canada a publié

le document TP14052F *Lignes directrices pour les aéronefs – Lors de givrage au sol*. Il s'agit d'une présentation complète des éléments nécessaires à la constitution et à la gestion permanente d'un programme de lutte contre le givrage au sol.

### Quels résultats?

Au cours des dix années précédant 1992, il y a eu presque à chaque année un accident d'avion de ligne majeur entraînant de nombreuses pertes de vies. Entre 1992 et 2007, aucune des lignes aériennes ayant adopté les programmes structurés de lutte contre le givrage au sol décrits précédemment n'a subi d'accident. Les principaux aéroports au Canada sont pour la plupart équipés de centres de dégivrage, ce qui permet d'améliorer grandement le contrôle de la qualité de l'application des

liquides et de contrôler la circulation des avions entre l'aire de dégivrage et la piste. À l'heure actuelle, les préoccupations environnementales sur la fuite de glycol vers les nappes d'eau souterraines sont examinées d'une façon plus énergique. La quantité de liquide utilisée pour chaque dégivrage a constamment diminué, sans pour autant réduire les marges de sécurité, et les programmes de récupération et de recyclage des liquides deviennent de plus en plus efficaces.

La situation n'est pas aussi reluisante si l'on inclut les opérations de l'aviation générale et de l'aviation d'affaires, ainsi que les opérations des lignes aériennes dans des milieux où la réglementation est moins développée. Dans ces secteurs, les accidents continuent à se produire, même s'ils ont tendance à ne pas trop attirer l'attention de nos principaux médias. Il reste encore beaucoup à apprendre sur le givrage au sol et les défis associés à un décollage en toute sécurité pendant la saison hivernale.

### Et où en sommes-nous dans les Forces canadiennes?

« Les difficultés surgissent dans les menus détails » est une bonne façon de résumer le givrage au sol et la minutie nécessaire à des opérations sûres. Nous entamons une nouvelle ère dans les FC : nos efforts concertés doivent viser à faire nôtres les meilleures pratiques élaborées par nos homologues civils et à augmenter notre capacité opérationnelle par mauvais temps en hiver. Il y a déjà des signes très visibles de cette nouvelle ère, comme le début de l'utilisation du liquide d'antigivrage dans nos bases, mais vient aussi de pair la nécessité de se concentrer sur du travail moins excitant, comme l'élaboration de la formation et de normes. Rappelez-vous que ces meilleures pratiques évoluent et qu'elles sont raffinées constamment. Nous devons donc faire face à une cible mobile! ♦



**Birmingham, 2002**

# La menace du givrage

## Des conditions météo dangereuses pour vous

par Malcolm Imray, P.Eng., ingénieur en sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

**L**e fait de vivre et de travailler dans un des pays les plus froids expose fréquemment les Canadiens à des dangers météorologiques auxquels bien d'autres gens ne sont exposés qu'occasionnellement. Dans l'aviation civile et militaire, le givrage et d'autres questions liées aux températures froides rendent les opérations en vol et au sol plus dangereuses que dans des climats plus tempérés. L'objet du présent article consiste à indiquer la nature de ces dangers et à montrer comment ils varient à travers le pays. Bien sûr, ces questions ne sont pas propres au Canada; les aéronefs des Forces canadiennes et leurs équipages peuvent trouver ces conditions dans bien d'autres endroits de par le monde, parfois même dans des endroits où le climat est chaud!

Le principal danger pour la sécurité des vols dans ces conditions est la contamination des surfaces critiques des aéronefs. La contamination se produit lorsque quelque chose adhère à la surface d'une partie critique de l'aéronef sur le plan aérodynamique et modifie sa forme, ce qui compromet sa capacité à produire des forces comme la portance et la traînée. Des pénalités générales touchant les performances sont également la conséquence de la contamination. Les contaminants comprennent des insectes morts sur les bords d'attaque des ailes et des pales de rotor, de la poussière et de la saleté sur les ailes, les empennages, les entrées d'air moteur et les aubes mobiles de compresseur, mais plus particulièrement de l'eau gelée sur n'importe laquelle de ces surfaces.

C'est l'eau gelée sous diverses formes qui a le plus grand effet sur la plupart des opérations parce qu'à elle seule elle a la capacité d'adhérer puis de s'accumuler en une grande masse et en un grand volume sur une très courte période, même lorsque l'aéronef est immobile.

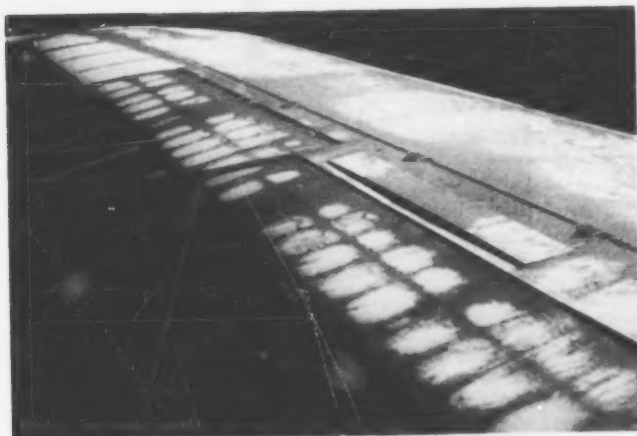
Bien sûr, de l'eau gelée peut prendre plusieurs formes, comme le givre, la neige, la pluie verglaçante, le grésil et du brouillard selon les conditions régissant sa création. Par rapport au givrage au sol, le présent article portera sur les seules menaces qui nécessitent un dégivrage ou un antigivrage, ou les deux, ou une décision de ne pas décoller. Les conditions de givrage au sol pour lesquelles des tableaux de durée d'efficacité sont publiés par Transports Canada sont le givre actif, la bruine verglaçante, la neige ou les grains de neige, les précipitations verglaçantes, une légère pluie verglaçante, de la pluie sur une aile imprégnée de froid et d'autres précipitations. Les pilotes et les équipes au sol doivent comprendre ce qu'est vraiment chacune de ces conditions pour pouvoir utiliser convenablement les tableaux de durée d'efficacité. Chacun de ces phénomènes est abordé ci-dessous.

### **Le givre, magnifique mais mortel (voir page 14)**

Le givre fait partie de la vie au Canada et ailleurs dans le monde. Une toute petite quantité de givre peut avoir un effet remarquablement néfaste sur la portance, la traînée et la poussée.

Tout ce qu'il faut pour que se forme du givre, c'est une combinaison d'humidité suffisante et une surface à une température suffisamment basse pour déclencher la conversion de vapeur d'eau directement en glace sans passer par la phase liquide; c'est ce qu'on appelle la *précipitation*.

La gelée blanche (ou de rayonnement) est la forme la plus courante de givre créée lorsqu'une surface perd de la chaleur par refroidissement par rayonnement, habituellement dans le courant de la nuit par ciel clair et dégagé. La température de surface chute carrément sous la température de l'air ambiant, ce qui refroidit alors l'air environnant et précipite toute vapeur d'eau sur la surface sous forme de givre. Plus élevée est l'humidité, plus il y a accumulation de givre. Le lien entre le givre et les surfaces, comme les glaces de nos voitures et les ailes de nos aéronefs, est remarquablement fort et il faut beaucoup d'énergie pour le briser. Comme la vapeur d'eau passe directement à l'état solide, la glace qui est formée n'est pas lisse, mais elle se compose de cristaux de glace qui s'empilent les uns sur les autres pour former une surface texturée blanche qui pourrait même ne pas être continue. La rugosité de surface qui en résulte varie aussi selon l'humidité, la température et la durée pendant laquelle l'accumulation se poursuit. N'oubliez pas que même une couche de givre ayant la rugosité d'un papier de verre à grain moyen peut réduire la portance de 30 % et augmenter la traînée de 40 %, surtout si elle se trouve près du bord d'attaque d'une surface portante.



Plaques de givre sur une aile.



Habituellement, nous voyons le givre par rayonnement disparaître naturellement une fois le soleil levé, et le givre retourne alors de cristaux de glace directement en vapeur d'eau sans passer par la phase liquide; c'est ce qu'on appelle la *sublimation*. Mais le givre ne se sublime pas toujours aussi facilement; des conditions de givre dit actif peuvent persister dans diverses combinaisons de température et d'humidité. Si la formation du givre est due à de l'advection plutôt qu'à du refroidissement par rayonnement, alors des conditions de givre actif peuvent persister même si le ciel n'est pas dégagé et que l'air n'est pas

complètement calme. L'advection est le transport d'air plus chaud ou plus froid dans des régions où des conditions contraires existent. Un tel transport peut créer des conditions propices à la formation continue de givre. En givrage actif, non seulement le dégivrage est-il essentiel, mais l'antigivrage doit être envisagé en vue d'assurer un décollage sûr.

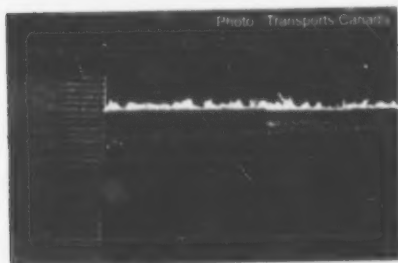
Le givre actif est un cas où des conditions actives de givrage au sol peuvent prévaloir même s'il n'existe aucun danger en vol. Lorsque de l'air humide circule rapidement sur une surface froide, que ce soit dû au vent sur un aéronef immobile ou au déplacement de l'aéronef dans l'air, le givre n'a aucune chance de se former en raison de la durée limitée disponible pour le transfert de chaleur requis à partir de la vapeur d'eau. Par contre, si l'aéronef est immobile par une journée calme dont l'humidité est élevée, du givre peut se former de nouveau très rapidement, et il faut l'éliminer et éviter qu'il ne se forme de nouveau.

Comme nous l'avons vu dans certains accidents (p. ex. Birmingham en 2002, voir page 49), du givre peut sublimer ou fondre sur un côté de l'aéronef mais non sur l'autre, selon la façon dont il est exposé au soleil ou à d'autres sources de chaleur. Cette situation peut créer un état dans lequel une aile est moins capable que l'autre de produire de la portance, ce qui peut rendre l'aéronef ingouvernable après le décollage.

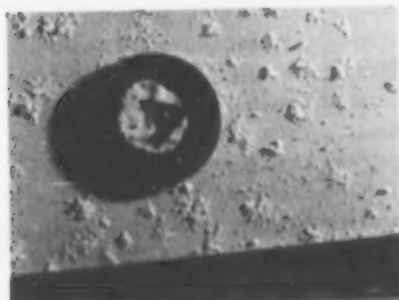
## Le phénomène d'imprégnation à froid

Du givre peut se former même si la température ambiante est bien au-dessus du point de congélation. Rappelez-vous : tout ce qu'il faut, c'est une surface froide en contact avec de l'air humide. Si votre aéronef contient du carburant très froid qui est en contact avec une surface extérieure, du givre se formera sur cette surface si l'humidité est élevée, même si la température de l'air est bien au-dessus du point de congélation. Cette situation peut se produire si le carburant dans les réservoirs alaires est « imprégné de froid » pendant un vol à haute altitude suivi d'une descente et d'un atterrissage à un endroit chaud mais humide. Dans ces circonstances, on peut s'attendre à trouver du givre à la surface inférieure des réservoirs de carburant. Le plein de carburant très froid dans un aéronef autrement chaud peut avoir le même effet. Imaginez sortir un aéronef d'un hangar chaud où vous l'aviez stationné pour éviter qu'il ne givre et le voir se recouvrir de givre après que vous avez fait le plein d'un carburant qui a été imprégné de froid dans un camion ravitailleur!

Cet effet peut avoir des conséquences dévastatrices sur certains aéronefs lorsque de la pluie (pas même de la pluie verglaçante) est présente. Pour ces aéronefs, la pluie liquide reposant sur l'aile peut être refroidie sous le point de congélation par le carburant



Rugosité du givre



Distribution modérée du givre.



contenu dans cette dernière et former de la glace parfaitement transparente, lisse et, par conséquent, difficile à déceler visuellement. La présence de cette glace peut avoir ou non un effet important sur les performances aérodynamiques de l'aéronef parce qu'elle est située à un endroit éloigné du bord d'attaque *tant qu'elle demeure intacte et lisse*. Toutefois, l'aile à laquelle la glace adhère librement va fléchir sous les charges de vol et briser la glace fragile. Les morceaux de glace libérés risquent de heurter d'autres structures ou d'entrer dans les entrées d'air moteur et de causer tout un dégât. Par conséquent, l'effet d'imprégnation à froid peut aussi nécessiter l'utilisation d'un liquide d'antigivrage dans une circonstance où il ne semble pas y avoir de menace de givrage au sol ou en vol et où la température est bien au-dessus du point de congélation!

Remarquez que les tableaux de durées d'efficacité fournissent une liste distincte des durées applicables dans ce cas spécial de « pluie sur une aile imprégnée de froid ». La vulnérabilité à cette menace est fonction du type d'aéronef.

### **Brouillard givrant, bruine verglaçante et pluie verglaçante**

Le brouillard est un proche parent du givre. Il se forme par rayonnement, advection ou refroidissement adiabatique de l'air humide à son point de rosée. Dans ces conditions, la vapeur d'eau se condense et forme des gouttelettes d'eau. Si ce phénomène se produit loin au-dessus du sol, on est en présence d'un nuage; près du sol, c'est du brouillard. Si la température de l'air se situe sous le point de congélation, les gouttelettes d'eau pourraient ne pas geler avant qu'elles ne heurtent un objet. Dans cet état, on dit qu'elles sont *surfondues*. Une fois qu'une gouttelette surfondue vient en contact avec quelque chose, elle gèle. C'est le même phénomène que la pluie verglaçante et bien des formes de givrage en vol, surtout

près du sommet des nuages convectifs où les gouttelettes surfondues attendent simplement de heurter quelque chose pour geler. Remarquez que contrairement au givre, la glace qui en résulte est généralement lisse et transparente, ce que les pilotes appellent du verglas.

Si les gouttelettes surfondues deviennent suffisamment grosses, elles commencent à former de la bruine, une précipitation très légère. La pluie verglaçante est créée par un processus différent : de la neige qui tombe dans une zone d'air chaud en altitude fond pour former des gouttelettes d'eau qui tombent alors dans de l'air sous le point de congélation et gèlent au contact. Ces gouttelettes d'eau sont, bien sûr, surfondues et elles gèlent au contact. Comme les gouttelettes sont plus grosses, la glace s'accumule plus rapidement. Contrairement au givre, le brouillard givrant, la bruine et la pluie présentent des risques de givrage au sol et en vol.

L'accumulation de glace qui en résulte est souvent lisse et transparente; elle peut donc être difficile à déceler visuellement parce que la surface peut simplement avoir l'air mouillée. Une utilisation soignée des techniques de dégivrage et d'antigivrage ainsi que les inspections des surfaces critiques visant à confirmer leur efficacité sont essentielles dans ces conditions. Du point de vue de quelqu'un qui se trouve au sol, la bruine verglaçante et une pluie verglaçante légère sont difficiles à distinguer, sauf pour ce qui est du taux d'accumulation de la glace. Cette distinction peut influencer la décision de décoller ou non. Lorsqu'on signale de la bruine verglaçante, les pilotes doivent particulièrement surveiller le taux d'accumulation et si des conditions propices à la présence de pluie verglaçante existent ou non, comme la présence d'une inversion



*Glace sur les ailes causée par de la pluie verglaçante.*

de température. Les rapports METAR pourraient ne pas fournir suffisamment de renseignements pour prendre cette décision. Sur chaque tableau de durée d'efficacité, la note suivante fait état de cette difficulté : [TRADUCTION] « Se servir des durées d'efficacité en cas de pluie verglaçante s'il n'est pas possible de déterminer avec certitude qu'il s'agit de bruine verglaçante. »

De plus, les pilotes doivent aussi évaluer l'intensité de la pluie verglaçante parce qu'une accumulation supérieure à « légère » dans une pluie verglaçante dépasse la capacité des techniques d'antigivrage de remédier à la situation. Aucune durée d'efficacité n'est publiée pour ces conditions, et aucun système de protection contre le givrage des aéronefs n'est capable de traiter les accumulations en vol dans une pluie verglaçante modérée. Encore une fois, le rapport METAR pourrait ne pas donner de renseignements suffisamment précis pour prendre cette décision.

### **Neige et grains de neige**

Outre le givre, le phénomène météorologique le plus courant en hiver au Canada est la neige. L'on dit que les peuples inuits ont un très grand nombre de mots pour décrire les caractéristiques de la neige, du fait que ses propriétés et son comportement peuvent varier grandement. Traditionnellement, ces propriétés sont importantes aux activités de la vie quotidienne dans le Grand Nord. Bien que nous ne disposions pas d'un vocabulaire aussi riche, il est important

d'essayer de caractériser les conditions de la neige dans le cadre du givrage au sol. Les questions essentielles auxquelles nous devons répondre sont : 1) quelle quantité de neige sur les surfaces critiques? 2) la neige adhère-t-elle à ces surfaces? et 3) est-ce que plus de neige va adhérer après qu'on aura enlevé ce qui s'y trouvait déjà?

La température est un facteur important dans la détermination des propriétés de la neige. Par température très froide, une chute de neige est généralement caractérisée comme étant « sèche », c'est-à-dire que les cristaux formant la neige sont gelés et que la température est bien au-dessous du point de fusion. La neige sèche tombe sous la forme de petits flocons caractéristiques. Une accumulation de neige sèche qui est fondue par la suite pour qu'on puisse mesurer son équivalent en eau liquide donnera une quantité d'eau relativement petite (le rapport entre l'épaisseur de la neige et l'eau est de l'ordre de 10 à 30 pour 1). La neige sèche n'a pas tendance à adhérer aux surfaces à moins que sa température augmente ou qu'elle soit mélangée à un liquide. Ainsi, lorsque de la neige sèche tombe sur une surface chaude, elle peut devenir mouillée et, à mesure que la surface refroidit, elle gèle de nouveau et adhère à la surface.

De la neige mouillée peut se former à des températures modérées. Cette neige renferme une plus grande teneur en eau liquide et des cristaux qui, bien que gelés, se situent seulement légèrement sous la température de congélation. Comme elle est mouillée, cette neige a tendance à s'agglomérer et elle tombe habituellement en gros flocons qui collent facilement ensemble. L'équivalence en eau liquide de la neige mouillée est bien plus grande que celle de la neige sèche, le rapport

entre la neige et la hauteur de l'eau étant habituellement de 5 pour 1.

L'autre facteur important relativement aux chutes de neige est l'intensité ou le taux de précipitation; en d'autres mots, la quantité de neige qui tombe à un endroit donné pendant une période définie. Pour la plupart des aspects de l'aviation, le danger pour la sécurité que présentent la neige, le brouillard, la pluie ou d'autres phénomènes obscurcissants est une visibilité réduite. Les pilotes doivent être en mesure de voir pour rouler au sol, décoller et atterrir en toute sécurité. Par conséquent, l'intensité des chutes de neige est normalement signalée en termes d'effets sur la visibilité. Aux fins du givrage au sol, par contre, c'est l'équivalence en eau liquide qui est importante. En outre, c'est cette équivalence qui est utilisée dans la détermination des valeurs publiées dans les tableaux de durée d'efficacité.

Le problème ici est que le pilote obtient une idée de l'intensité de la chute de neige par rapport à la visibilité, mais il doit utiliser un tableau de durées d'efficacité basé sur l'équivalence en eau liquide. Pour cette raison, une table donnant le moyen de faire la conversion est publiée avec les tableaux de durées d'efficacité.

La Figure 1 est tirée des tableaux de

durées d'efficacité 2007-2008 publiés par Transports Canada. On peut voir que si la visibilité le jour est signalée comme étant de 1 mille terrestre et que la température est au point de congélation, le pilote devrait utiliser les durées d'efficacité pour chute de neige « modérée ». Toutefois, la nuit, les mêmes visibilité et température signalées doivent être interprétées en fonction d'une chute de neige « forte ». Voici pourquoi : imaginez un observateur météorologique utilisant un lampadaire à distance pour déterminer la visibilité. Le jour, dans des conditions de neige que les météorologues jugent « modérées » en fonction de l'équivalence en eau liquide, l'observateur peut tout juste apercevoir le lampadaire lorsqu'il se trouve à 1 mille terrestre de lui. Sans changement dans l'intensité de la chute de neige, mais lorsque tombe l'obscurité et que le lampadaire est allumé, l'observateur peut facilement voir le lampadaire. L'intensité de la chute de neige doit passer à « forte » avant que l'observateur commence à avoir de la difficulté à voir la lumière. Un effet semblable se manifeste lorsqu'on fait des observations à de basses températures ambiantes. Une chute de neige par temps plus froid présente une plus faible équivalence en

VISIBILITÉ DANS LA NEIGE PAR RAPPORT À L'INTENSITÉ DES PRÉCIPITATIONS <sup>1</sup>						
Éclairage ambiant	Plage de températures		Visibilité par température neigeuse (en milles terrestres)			
	°C	°F	Forte	Modérée	Légère	Très Légère
Obscurité	-1 et au-dessus	30 et au-dessus	≤1	>1 à 2½	>2½ à 4	>4
	Au-dessous de -1	Au-dessous de 30	≤¾	>¾ à 1½	>1½ à 3	>3
Lumière du jour	-1 et au-dessus	30 et au-dessus	≤½	>½ à 1½	>1½ à 3	>3
	Au-dessous de -1	Au-dessous de 30	≤¾	>¾ à 7/8	>7/8 à 2	>2

1 Basé sur : Relationship between Visibility and Snowfall Intensity (TP 14151E), Centre de développement des transports, Transports Canada, Novembre 2003; et Theoretical Considerations in the Estimation of Snowfall Rate Using Visibility (TP 12893E), Centre de développement des transports, Transports Canada, Novembre 1998.

**Figure 1 :** Table fournie avec les tableaux de durées d'efficacité pour déterminer l'intensité de la chute de neige lorsque la température et la visibilité sont connues de jour comme de nuit.  
Source: Transports Canada



**Figure 2 : La formation de différentes formes de précipitation.**

Source : Adapté de [www.usatoday.com/weather/tg/wrisnow/wrisnow.htm](http://www.usatoday.com/weather/tg/wrisnow/wrisnow.htm)

eau liquide que par temps plus chaud. De toute évidence, cette nécessité de passer d'une forme d'observation à une autre ajoute de l'incertitude au processus de prise de décision face à du givrage au sol.

### Autres conditions de givrage au sol

Les tableaux de durées d'efficacité considèrent comme « autres » conditions la neige lourde, la neige roulée, la pluie verglaçante modérée à forte et la grêle. Il n'y a aucun renseignement sur la protection antigivrage dans ces conditions. Essentiellement, cela signifie qu'il n'est pas possible de prédire de façon fiable combien de temps le liquide d'antigivrage demeurera efficace dans les conditions mentionnées. Des granules de glace (grésil) se forment dans des conditions similaires à celles de la pluie verglaçante, sauf que les gouttelettes surfondues gèlent avant de heurter une surface. En octobre 2007, des « durées de tolérance » quelque peu limitées pour les granules de glace ont été publiées pour la première fois. Toutefois, l'utilisation de ces tolérances en était aux premières étapes de la mise en œuvre au début de 2008.

### Conditions mixtes et variables

La vie n'est jamais aussi simple qu'elle pourrait l'être. Du point de vue du givrage au sol, elle prend la forme de conditions mixtes qui peuvent aussi varier de temps à autre. Vous

pouvez penser qu'il suffit simplement d'éliminer une couche de givre de l'aéronef par une journée très froide au moyen d'un liquide de dégivrage d'aéronef de Type I approprié (c.-à-d. qui présente une faible LOUT<sup>1</sup>), pour vous rendre compte que, peu après cette opération, de la neige sèche a commencé à tomber. Normalement, de la neige sèche sur un aéronef froid ne présente aucun problème parce qu'elle n'adhère pas aux surfaces et, donc, n'est pas un contaminant. Le problème vient du fait que le liquide mouille la neige sèche et la fait adhérer aux surfaces, ou que la température du revêtement de l'aéronef a suffisamment augmenté pour transformer la neige sèche en neige mouillée!

D'autres formes de précipitation, dont du grésil, accompagnent souvent la bruine et la pluie verglaçantes; l'intensité de la neige a tendance de passer de légère à modérée, puis à revenir à légère. Tous ces facteurs se conjuguent pour rendre le processus de prise de décision complexe et vulnérable aux erreurs. Une utilisation prudente des techniques de dégivrage et d'antigivrage ainsi que l'utilisation des tableaux de durées d'efficacité constituent les seuls moyens d'assurer la sécurité dans ces conditions.

Une situation mixte très courante se produit lorsqu'on dégivre un aéronef qui semble recouvert de neige alors

<sup>1</sup> LOUT : température d'utilisation opérationnelle minimale

qu'en fait il y a une couche de givre ou de glace sous la neige qui rend bien plus difficile l'opération de dégivrage.

### Répartition des menaces de givrage au sol au Canada

Les menaces de givrage au sol décrites ci-dessus ont toutes été observées au Canada, mais bien sûr certaines régions reçoivent plus de neige, tandis que d'autres subissent des précipitations verglaçantes plus fréquemment. Environnement Canada a produit la Figure 3 pour montrer dans quelle mesure chacun des dangers abordés se présente à divers endroits au pays.

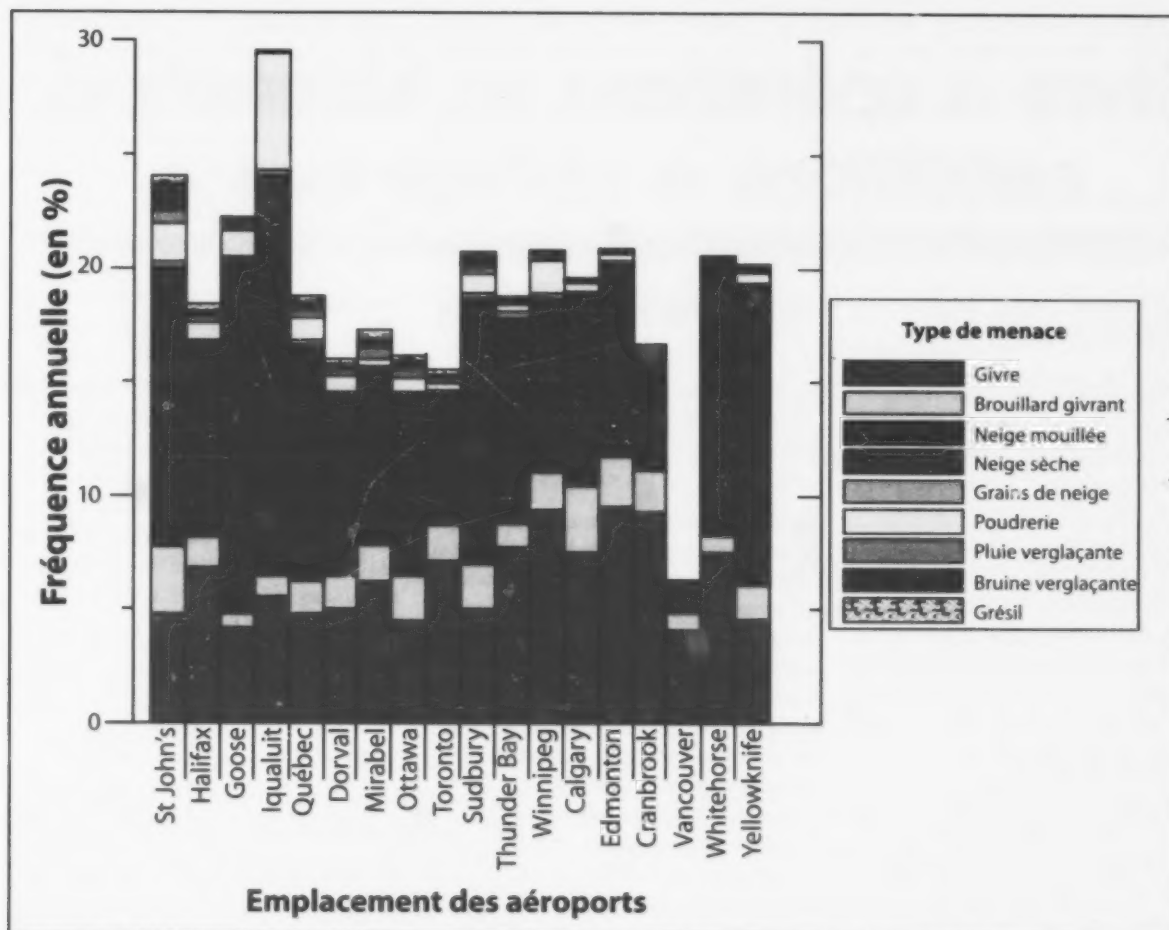
Remarquez que le givre et la neige sèche sont les menaces les plus fréquentes. St. John remporte la palme pour la plus grande quantité de pluie verglaçante et de bruine verglaçante, tandis que Yellowknife reçoit beaucoup de neige sèche, mais très peu de neige mouillée. Vancouver reçoit peu de neige, mais la plus grande partie est mouillée. Donc, l'endroit a un effet important sur le type de givrage au sol susceptible de se former, mais n'oubliez pas que toutes les menaces peuvent survenir presque n'importe où.

### Effets localisés

Bon nombre des phénomènes météorologiques présentés peuvent varier considérablement sur une très courte distance. C'est particulièrement vrai des précipitations givrantes et chaque fois que la situation météorologique générale change. L'observateur météorologique à l'aéroport peut de son poste ne voir que de la neige modérée, tandis que sur l'aire de trafic principale il ne neige que légèrement. La pluie verglaçante est très dangereuse au sol comme en vol, mais elle peut parfois constituer un problème seulement sur les 200 premiers pieds d'altitude au-dessus de l'aéroport.

### Observations météorologiques et « prévisions immédiates »

On a fait remarquer que le rapport



**Figure 3 :** Temps moyen pour chaque type de menace à divers endroits au Canada sous forme de pourcentage du nombre total d'heures. Source : Stuart and Isaac, 1994, *Journal de l'OACI*.

météorologique standard pour l'aviation – le METAR horaire – pourrait ne pas fournir des données suffisamment précises pour permettre la prise de décision nécessaire fondée sur les conditions mixtes, variables et localisées qui sont décrites. Lorsque le temps change de façon importante, une version spéciale du METAR, appelée SPECI, est communiquée. Toutefois, même un rapport SPECI ne peut traiter de façon adéquate des effets localisés ni ne peut être communiqué aussi rapidement que les conditions varient. Par conséquent, il revient au pilote et aux autres d'évaluer les conditions auxquelles ils font face pour enrichir l'information obtenue des rapports METAR et SPECI.

Comme on l'a vu précédemment, les différences fondamentales entre la visibilité signalée dans un METAR et

la teneur en eau liquide utilisée pour déterminer les durées d'efficacité en fonction de l'intensité d'une chute de neige constituent un problème. Cette question et d'autres enjeux ont suscité des recherches visant à réduire une bonne part de l'incertitude associée à la mesure du risque posé par le givrage au sol et à rendre l'information disponible en temps opportun et sous une forme utile pour les équipages navigants et les équipes au sol. Par exemple, Environnement Canada est en train de mettre au point des systèmes de « prévisions immédiates » qui mesureront la teneur en eau liquide des précipitations à de nombreux endroits autour des aéroports et feront rapport de ces mesures plusieurs fois par heure. En plus de signaler les conditions du moment, le système produira des prévisions locales à court

terme. Pour plus de renseignements, rendez-vous sur le site Web du projet de prévisions immédiates à : [www.canadian-airport-nowcasting.org](http://www.canadian-airport-nowcasting.org).

D'autres chercheurs travaillent sur des systèmes de détection automatique de givrage au sol (GIDS) qui permettront d'évaluer de façon beaucoup plus fiable la présence de glace et l'état des liquides sur la foi de mesures réelles plutôt que des durées tirées des tableaux de durées d'efficacité.

### Conclusion

Comme pour toutes les autres facettes de la situation du givrage au sol, la science de la météorologie fait constamment des progrès, et il est important que tous ceux qui participent aux opérations par conditions givrantes demeurent au courant des tout derniers développements. ♦



# Givre et opérations des aéronefs en conditions de givrage au sol

par Ken Walper, P.Eng., ingénieur en systèmes mécaniques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

**L**e givre est bien connu de la plupart des Canadiens. Il serait même difficile d'imaginer un Canadien né et élevé au pays qui n'aurait jamais vu de givre. Mais qu'est-ce que le givre et comment se forme-t-il? Quel effet a-t-il sur un aéronef? Comment puis-je éviter qu'il ne se forme sur mon aéronef ou comment puis-je l'éliminer une fois qu'il s'est formé? Le présent article traitera tour à tour de chacune de ces questions.

## Définition du givre

Le sous-comité AC-9C de la Society of Automotive Engineers (SAE) définit le givre comme étant [TRADUCTION] « des cristaux de glace formés sur une surface par le dépôt de vapeur d'eau provenant de l'atmosphère ». Transports Canada détaille cette définition en décrivant le givre comme étant un mince dépôt blanc de précipitation gelée de texture cristalline qui adhère à des surfaces exposées et qui se forme habituellement pendant des nuits sans nuages, par vent calme, lorsque la température est sous le point de congélation, que l'air présente une humidité relativement élevée, et qu'il n'y a pas d'autres précipitations. Souvent, le dépôt de givre est suffisamment mince pour qu'on puisse distinguer des caractéristiques de la surface se trouvant en dessous, comme des lignes de peinture.

## Effets du givre sur les performances et le pilotage

Le givre est un contaminant nuisible. Il peut scintiller comme un bijou, mais ne vous laissez pas abuser par son aspect inoffensif : il peut être

mortel. Le plus gros impact sur les performances aérodynamiques résulte de la rugosité créée par ce type de contaminant sur les surfaces portantes.

Le givre présente un aspect très rugueux sur le plan aérodynamique. La hauteur et l'espacement des cristaux de givre à la surface d'une aile peuvent être tels qu'ils perturbent l'écoulement aérodynamique plus gravement que d'autres formes de contamination gelée. L'effet aérodynamique du givre sur la portance est plus prononcé lorsque le givre se situe sur le bord d'attaque d'une aile ou à proximité, et l'effet de la perte de portance est le plus grave si l'aéronef n'est pas doté de dispositifs de bord d'attaque. L'impact du givre sur la traînée est le plus grave lorsque ce dernier est largement réparti sur un aéronef. Dans ce cas, le givre empêchera probablement l'atteinte de la pente de montée prévue. Ainsi, le givre compromet les performances et le pilotage de l'aéronef, et il peut être mortel, quelle que soit la taille de l'aéronef touché.

La portance peut diminuer dans une proportion pouvant atteindre 30 %, accompagnée d'une augmentation correspondante de la traînée pouvant atteindre 40 %. La perturbation de l'écoulement aérodynamique causée par le givre peut aussi engendrer des difficultés de maîtrise de l'appareil, surtout si le givre est réparti de façon asymétrique d'une aile à l'autre, comme ce serait le cas si une aile était exposée au soleil matinal alors que l'autre se trouvait encore à l'ombre.

Transports Canada a indiqué que malgré la nécessité d'éliminer toute

contamination des surfaces critiques, il est acceptable que les aéronefs, y compris ceux dont les moteurs sont montés à l'arrière, décollent alors que de la gelée blanche adhère à la surface supérieure du fuselage si c'est le seul contaminant qui reste, pourvu que toutes les mises à l'air libre et les orifices soient dégagés.

On trouvera plus de renseignements sur le givre dans le document TP 14052F de Transports Canada intitulé *Lignes directrices pour les aéronefs – Lors du givrage au sol*.

## Formation du givre

Le givre se forme par précipitation de vapeur d'eau sur une surface, directement de la phase vapeur à la phase solide sans passer par la phase liquide. La précipitation se produit lorsque la température d'une surface descend sous le point de givrage de l'air se trouvant au-dessus. La surface peut être refroidie sous le point de givrage de plusieurs façons, notamment par imprégnation à froid de l'aile ou refroidissement par rayonnement.

La formation de givre ne nécessite pas une humidité relative de 100 %. En fait, des essais de Transports Canada donnent à croire que la formation la plus rapide de givre se produit à une humidité relative avoisinant 75 %. Des essais financés par Transports Canada ont en outre révélé que l'extrados d'une aile peut être jusqu'à 8 °C plus froid que la température de l'air ambiant à cause du refroidissement par

1 [www.tc.gc.ca/aviationcivile/publications/tp14052/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/aviationcivile/publications/tp14052/menu.htm)

rayonnement au cours de la nuit. Les équipages opérationnels doivent savoir que ces conditions sont propices à la formation de givre. Plus la température de l'air extérieur est basse, plus tenace est l'adhérence du givre sur les surfaces.

Le givre peut se former sur l'extrados et l'intrados des ailes dont les réservoirs sont remplis de carburant sous le point de congélation. Le carburant « imprègne à froid » l'aile en refroidissant la surface de cette dernière sous la température du point de givrage. L'humidité de l'air gèle alors au contact de l'aile, ce qui forme du givre. Ce mécanisme de formation du givre est souvent celui dont s'attendent le moins les équipages opérationnels.

### Manifestations du givre

Le givre se forme très fréquemment au Canada pendant la saison hivernale. Dans certaines régions du Canada,

comme le Grand Nord, le givre peut être la principale forme de contamination des aéronefs pendant les opérations hivernales. Deux des aéroports les plus achalandés au Canada, Pearson à Toronto et Trudeau à Montréal, signalent que des conditions de « givre seulement » sont responsables de 30 % de leurs activités de dégivrage. Cette valeur peut être considérablement plus élevée dans le Nord canadien.

### Détection du givre

Les équipages navigants doivent apprendre à identifier les conditions propices à la formation de givre et être particulièrement vigilants pendant les inspections pré-vol. Le givre est facile à déceler visuellement sous un bon éclairage, mais plus difficile à déceler si l'éclairage est faible, comme dans des conditions d'éclairage où le contraste est faible (p. ex. le matin ou le soir d'une journée nuageuse) ou la nuit. Bien que la rugosité du

givre ne soit pas toujours immédiatement évidente, c'est souvent l'éclat du givre remarqué pendant l'inspection extérieure de l'aéronef qui alerte l'équipage navigant de sa présence. Une inspection tactile à main nue va immédiatement révéler la rugosité du givre. À l'avenir, des systèmes électroniques de détection

du givrage au sol (GIDS) seront peut-être un moyen hautement fiable de détecter la présence de givre ou d'autres contaminants gelés.

### Éviter le givre

Il n'est généralement pas possible de modifier la nature de manière à prévenir les conditions propices à la formation de givre, mais il est possible de prendre des mesures en vue d'éviter sa formation. Sans doute le moyen le plus efficace de prévenir la formation de givre consiste à laisser l'aéronef dans un hangar chauffé. Mais très souvent, ce n'est pas possible à cause de l'emplacement opérationnel, de la taille de l'aéronef, des coûts, de l'utilisation de l'aérodrome et des considérations opérationnelles, entre autres. Certains petits avions, comme le *Twin Otter*, peuvent être recouverts de manchons d'aile et de queue lorsqu'ils sont laissés à l'extérieur. Dans certains gros aéroports canadiens, du liquide d'antigivrage d'aéronef est appliqué sur l'extrados des ailes des gros avions de transport commerciaux pour éviter la formation de givre lorsque ceux-ci sont laissés à l'extérieur sur l'aire de trafic pour la nuit.

### Élimination du givre et protection des aéronefs

Le givre doit être éliminé des surfaces critiques d'un aéronef avant le vol. Transports Canada précise que les surfaces critiques sont les ailes, les gouvernes, les rotors, les hélices, la partie supérieure du fuselage des aéronefs dont les moteurs sont montés à l'arrière, les stabilisateurs, les dérives et toute autre surface de stabilisation d'un aéronef.

Certains aéronefs peuvent décoller même si du givre s'est formé sur l'intrados des ailes à cause de la présence de carburant imprégné de froid dans les réservoirs. Ce givre est habituellement acceptable jusqu'à une épaisseur de 1/8 pouce, et il ne doit pas y avoir de givre à l'extérieur de la surface du réservoir alaire, sinon il faut éliminer le givre avant le décollage.



Givre sur l'intrados d'une aile imprégnée de froid

Il y a un certain nombre de moyens d'éliminer le givre d'un aéronef, et nous en verrons quelques-uns ici.

Divers moyens mécaniques d'élimination du givre ont été utilisés au cours des années selon des résultats plus ou moins probants. Pourvu que les surfaces des aéronefs, les palettes d'angle d'attaque, les antennes anémobarométriques et autres composants vulnérables ne soient pas endommagés, il peut être possible d'éliminer complètement le givre au moyen d'un balai, d'un racloir spécial, d'une corde utilisée dans un mouvement alternatif ou d'autres moyens mécaniques.

Dame Nature peut aider grandement à dégivrer un appareil si rien ne presse. Si la journée suivant une nuit froide est ensoleillée, on peut alors laisser l'aéronef au chaud soleil, à l'écart de toute zone ombragée, et le soleil fera sublimer (quitter la surface sous forme de vapeur) le givre des surfaces supérieures de l'aéronef.

De l'air chauffé peut aussi dégivrer un aéronef. Un réchauffeur d'air classique « Herman-Nelson » (réchauffeur commercial portable typique) ou un autre réchauffeur d'air du genre peut servir à souffler de l'air chauffé sur la surface givrée. Selon l'aéronef,

des dispositifs spéciaux peuvent être nécessaires pour effectuer cette tâche avec succès et en temps opportun. Mais le recours à de l'air chaud pour éliminer le givre peut être un procédé lent et très fastidieux par température très froide ou lorsqu'il vente. Récemment, des dispositifs infrarouges, autant ceux qui sont portables que ceux qui sont montés dans une « tente-hangar » ouverte aux deux extrémités, ont été mis au point et ils constituent des moyens très efficaces, rapides, efficaces et écosensibles pour éliminer le givre ou d'autres contaminants gelés.

À l'heure actuelle, la façon la plus rapide et la plus courante d'éliminer des contaminants gelés consiste à utiliser des liquides de dégivrage

d'aéronef chauffés. Le liquide de Type I de la SAE est conçu spécialement pour éliminer les contaminants gelés des aéronefs. Il est conçu pour être utilisé à une température maximale à la buse de 80 °C et pulvérisé sous pression. Si la durée de protection offerte par le liquide de Type I n'est pas suffisante et dans les cas où il est approuvé pour le type d'aéronef, une application de liquide d'antigivrage (Type II, III ou IV de la SAE) peut être faite après l'application du liquide de dégivrage de Type I. Une durée d'efficacité typique pour le liquide de Type I pour du givre à -10 °C est de 45 minutes. Une durée d'efficacité typique pour le liquide de Type IV pour du givre à -10 °C est de 12 heures. ♦

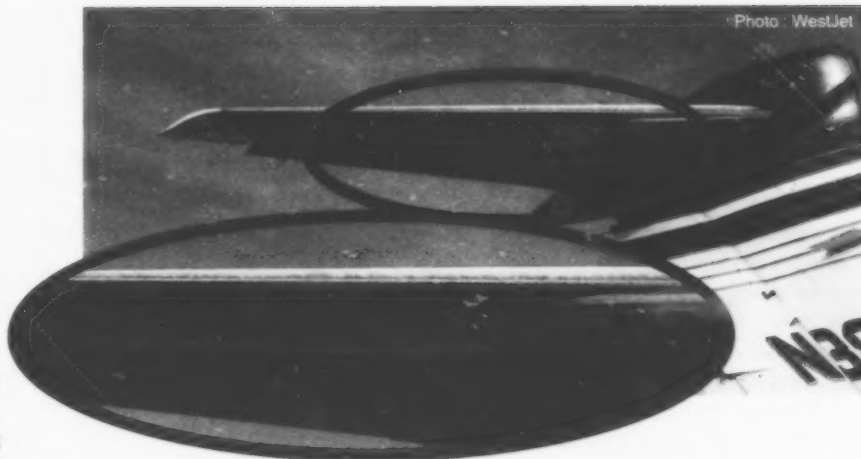


Photo : WestJet



Photo : NASA

# Aérodynamique et performances

BIBLIOTHÈQUE  
2008-12-19  
ASSEMBLÉE NATIONALE

## *Il ne suffit que d'un tout petit peu de givre!*

par Alan White, P.Eng., chef d'équipe des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

*Le sous-titre du présent article provient d'une citation de R.E. Brumby, aérodynamicien responsable du givrage chez McDonnell Douglas, qui est réputé expert principal dans le domaine. Il a fait avancer la science en quantifiant l'effet de contaminants de surface, comme le givre, la glace et la neige, sur la portance et la traînée, et a voulu bien faire comprendre ses conclusions selon lesquelles des quantités remarquablement petites de contaminants peuvent avoir des conséquences énormes sur ces deux paramètres.*

### Concept de l'aile propre

Les Consignes de vol des Forces canadiennes et la réglementation civile exigent qu'« aucun décollage ne [soit] tenté lorsqu'il y a du givre, de la neige, de la glace ou toute autre contamination de surface adhérant aux surfaces critiques d'un aéronef. » (B-GA-100-001/AA-001, chapitre 9(44)). Dans le présent article, nous allons voir comment un contaminant peut influencer la portance, la traînée et le pilotage d'un aéronef ainsi que la capacité générale d'un aéronef de décoller et de monter en toute sécurité.

Les données de performances du manuel de vol sont fondées sur un aéronef « propre » (c.-à-d. sans contamination), mais les performances peuvent être pénalisées par l'utilisation de liquides d'antigivrage. Le présent article va également indiquer pourquoi on impose une augmentation de la

vitesse de décollage pour certains aéronefs après application d'un liquide d'antigivrage.

### Qu'est-ce qui peut aller mal au décollage?

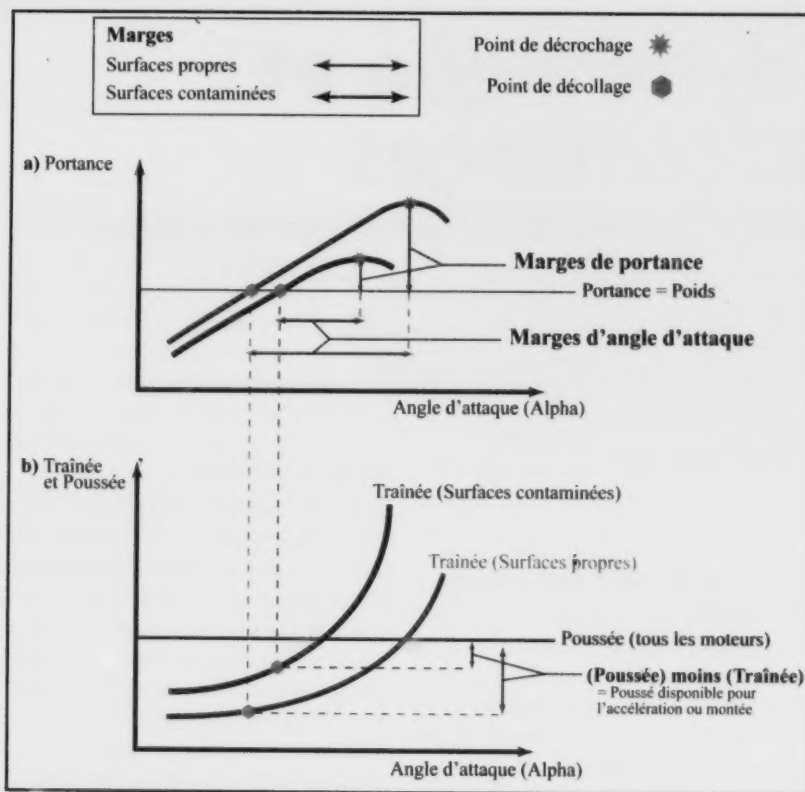
Lors du décollage, le but du pilote consiste à prendre l'air avant d'atteindre l'extrémité de la piste, puis à établir un taux de montée franc et à franchir tous les obstacles. La première condition pour réaliser le décollage consiste à disposer de suffisamment de portance pour contrer la masse de l'aéronef, ainsi que d'une petite réserve pour manœuvrer et voler dans les rafales. Une fois que le pilote est en l'air, il doit disposer d'une poussée suffisante pour contrer la traînée et d'une marge qui lui permet de poursuivre l'accélération à la vitesse de montée initiale et d'adopter la pente de montée. La proximité immédiate du sol pendant les premiers pieds de la montée peu induire un faux sentiment de sécurité parce que l'appareil pourrait réellement ne pas être en mesure de monter. Un autre point est le maintien de la maîtrise de l'aéronef : pendant la montée initiale, les marges de décrochage de l'avion, l'efficacité de la maîtrise et les qualités de pilotage peuvent être gravement compromises par une contamination par givrage. Une perte de maîtrise immédiatement après le décollage a été la cause principale d'au moins un accident récent (Birmingham, 2002).

### Surfaces critiques

L'état des ailes est critique pour leur capacité à générer la portance nécessaire au vol, et tout contaminant doit en être éliminé. Le givre et la neige sont relativement faciles à voir et à éliminer, mais les ailes de l'avion ont également tendance à accumuler du verglas, lequel est extrêmement difficile à voir et ne peut être décelé qu'au toucher (« inspections tactiles »). Le verglas peut se former même si la température est bien au-dessus du point de congélation, mais que la température du revêtement d'aile se situe sous le point de congélation du fait de la présence de carburant froid dans les réservoirs alaires à la suite d'un vol précédent. C'est ce phénomène qui a fait s'écraser un MD 80, à Stockholm, en 1991, lorsque les ailes ont fléchi après le décollage et ont projeté de la glace simultanément dans les deux réacteurs montés à l'arrière.

Pour certains avions, la surface des volets et des becs de bord d'attaque ainsi que les panneaux de déporteurs peuvent présenter des caractéristiques thermiques différentes de celles du caisson de l'aile, et ce sont les premiers endroits où les liquides n'agissent plus. Pour cette raison, il faut les examiner très soigneusement lors de l'inspection des surfaces critiques. Les volets et les becs doivent demeurer rentrés jusqu'aux tout derniers moments précédant le décollage pour que la plus grande





**Figure 1 :** Les marges de portance, d'angle d'attaque et de poussée sont toutes gravement réduites par le givrage.

quantité de liquide demeure sur les surfaces exposées et pour que les surfaces carénées demeurent propres.

Le stabilisateur et la gouverne de profondeur sont tout aussi critiques que les ailes, puisqu'ils représentent la principale source de stabilité longitudinale de l'avion. Il est particulièrement important de prendre des dispositions pour dégivrer les avions à empennage en T, lesquels peuvent nécessiter des camions de dégivrage à nacelle surélevée pour donner un accès et une visibilité suffisants. L'efficacité de la maîtrise de l'appareil et ses qualités de pilotage peuvent être gravement compromises si l'empennage n'est pas entièrement propre au moment du décollage, surtout dans le cas des avions aux gouvernes non assistées.

Dans le cas des avions à réacteurs montés à l'arrière, la surface supérieure du fuselage est considérée surface critique parce que les réacteurs

pourraient ingérer de la glace ou de la neige s'y détachant. Cette considération a vu le jour avec la mise en service des triréacteurs, comme le Boeing 727 et le DC 10, mais elle s'applique aussi aux biréacteurs comme le *Challenger*, équipé de réacteurs latéraux en position haute. L'ingestion de glace présente aussi une menace pour les giravions, dont les entrées d'air moteur se trouvent habituellement derrière la zone horizontale du pont supérieur : la zone se trouvant à l'intérieur des entrées d'air de tous les moteurs doit aussi être propre avant le démarrage du moteur.

Dans le cas des avions à hélices et des giravions, les pales d'hélice et les pales de rotor sont des surfaces critiques, car toute perte de poussée et de portance aura d'énormes conséquences sur les performances. La contamination des pales de soufflante et des aubes de compresseur des

moteurs peut rendre plus difficile le démarrage et causer un décrochage compresseur ou une déformation par corps étranger<sup>1</sup> en aval pendant la montée en régime du moteur.

### Perte de portance : rogner les marges

Fondamentalement, le décrochage s'explique par le fait que lorsque l'angle d'attaque augmente jusqu'à un certain point, la couche limite de l'air se déplaçant de façon laminaire à la surface de l'aile ou de l'empennage se sépare de la surface, ce qui réduit la portance qu'elle génère, parfois de façon soudaine. Une quantité remarquablement petite de contaminants sur la surface d'un plan aérodynamique où est créée la portance réduit grandement l'angle d'attaque auquel le décrochage se produit, ce qui réduit aussi la portance maximale produite. Des résultats d'essais en soufflerie indiquent qu'une couche de givre ou de glace d'une épaisseur minimale de 0,4 mm (15/1000 pouce) sur une aile ayant une corde de 1,5 m (5 pieds) réduit la portance maximale d'environ 30 %. Compte tenu du fait que la marge de portance au moment du décollage d'une aile propre est habituellement de 40 ou de 50 %, cette marge est de toute évidence fortement réduite, même pour cette petite quantité de contaminants.

La Figure 1(a) montre de façon générale les courbes de portance en fonction de l'angle d'attaque (« alpha ») pour un plan aérodynamique propre et un autre contaminé. On y constate la réduction de la marge de portance pour un vol soutenu à 1 G. Remarquez aussi la marge alpha réduite disponible lorsqu'on vole dans une rafale ou un courant ascendant à l'extrémité de la piste. L'angle d'attaque inférieur

<sup>1</sup> Une déformation par corps étranger est causée par de la glace ingérée qui déforme les aubes du compresseur plutôt que d'y produire des entailles ou des creux acérés.

auquel se produit le décrochage signifie aussi que les systèmes d'avertissement de décrochage artificiels ou les pousseurs de manche ne donnent plus au pilote un avertissement préalable du décrochage.

Une autre considération est la nature même du décrochage. Dans le décrochage d'avions comme les Airbus avec volets de bord d'attaque et des avions à ailes épaisses volant à basse vitesse, la séparation de la couche limite a tendance à commencer au bord de fuite et à se déplacer progressivement vers l'avant. Il s'ensuit que la perte de portance maximale sera relativement faible jusqu'à l'atteinte d'un angle d'attaque considérablement plus grand. L'équipage de ces avions ressentira probablement des vibrations aéroélastiques de plus en plus fortes, ce qui est un signal d'abaisser le nez de l'avion pour sortir du décrochage.

Par ailleurs, des avions comme le *Challenger*, qui possède des ailes minces et un profil conçu pour voler à haute vitesse en croisière, mais qui ne dispose pas de becs ni de volets de bord d'attaque, présentent un décrochage dans lequel la couche limite se sépare soudainement dès le bord d'attaque. La perte de portance est immédiate et très importante. Il est aussi probable qu'une aile décrochera avant l'autre, ce qui entraîne l'avion dans un violent mouvement de roulis en descente et ne donne à peu près aucune chance au pilote de reprendre son appareil en main avant de partir en vrille ou de percuter le sol. On croit que l'accident du *Challenger* de Birmingham aurait été causé par une couche asymétrique de givre sur les ailes. Dans ce cas, l'avion s'est écrasé au sol sur le dos six secondes seulement après avoir pris l'air. La *Figure 2* montre les différentes formes de la courbe de portance dans le cas d'un décrochage au bord d'attaque et au bord de fuite.

Un nombre disproportionné d'accidents qui se sont produits dans

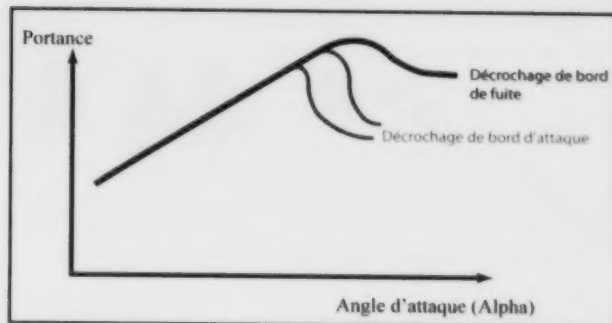
les années 1980 concernaient des avions comme le Fokker F-28 et les premiers modèles de DC-9, lesquels possèdent des bords d'attaque fixes et aucun bec. Pour cette raison, ces avions à « ailes monoblocs »,

comme on les appelle, doivent être examinés de plus près tout juste avant le décollage, et il faut y faire des inspections tactiles pour confirmer l'absence de toute contamination.

### Augmentation de la traînée et perte de poussée : on monte ou on descend ?

La poussée développée par les moteurs sert d'abord à vaincre la traînée de l'avion. Ce qui reste permet à l'avion d'adopter un taux de montée franc. Les procédures normales de décollage supposent qu'un moteur tombera en panne au moment le plus critique pendant la course au décollage, et la conception ainsi que les limites de l'avion sont telles qu'il est possible de maintenir une pente de montée minimale après une telle panne. Les données en soufflerie et les analyses de profil de vol à partir d'accidents causés par un givrage au sol ont montré que la traînée de l'avion peut être plus que doublée par la présence de contaminants, comme le montre la *Figure 1(b)*. Par conséquent, l'avion pourrait ne pas pouvoir monter, ou sa pente de montée pourrait ne pas permettre de franchir les obstacles, même lorsque tous les moteurs fonctionnent.

Cette augmentation de la traînée peut être compliquée par une réduction de la poussée produite par les moteurs si les pales d'hélice ou de soufflante sont contaminées. Dans le cas de l'accident de Washington, l'équipage avait reçu des indications de puissance moteur erronées parce que les capteurs de



**Figure 2 : Angle d'attaque en fonction de la portance. Les décrochages de bord d'attaque sont plus soudains que les décrochages de bord de fuite.**

pression étaient givrés, et il a réglé la poussée à une valeur inférieure à la normale.

### La lutte pour sortir de l'effet de sol

L'effet de sol influence le comportement d'un avion lorsque ce dernier vole près du sol. Il est surtout notable lorsque la hauteur au-dessus du sol est inférieure à une envergure d'aile. L'effet de sol au cours de l'atterrissage est normalement considéré comme un avantage, car il amortit le toucher des roues, déclenchant parfois une salve d'applaudissements de la part de passagers nerveux. Au décollage, il passe habituellement inaperçu puisque l'avion effectue son cabré et commence rapidement à monter sans que son influence se fasse sentir. Mais le scénario peut être très différent au cours du décollage si les surfaces critiques sont contaminées. Dans ce cas, l'effet de sol peut aider à canaliser de l'air sous les roues, ce qui rassure l'équipage du fait que le décollage est normal et l'engage sans réserve à poursuivre le décollage. Mais c'est à ce moment que les effets de la contamination ne permettent pas à l'avion de monter.

L'effet de sol augmente la portance à un angle d'attaque donné, mais on a montré qu'il réduisait l'angle d'attaque de décrochage de 2 à 4 degrés. L'effet de sol réduit aussi la partie de la traînée attribuable à la portance, ce qu'on appelle la



**Figure 3** : Illustration du profil de vol vertical de l'accident de Dryden. L'impact s'est produit à 3156 pieds de l'extrémité de départ de la piste 29.

traînée induite. Le problème alors pour un équipage décollant avec un avion contaminé est qu'il a la fausse impression que l'avion se comporte librement au cabré précédant le décollage et qu'il quitte le sol avec succès. À mesure que l'avion entame sa montée initiale, l'effet de sol diminue rapidement, et l'équipage s'aperçoit que l'avion n'accélère plus ou qu'il n'est plus en mesure de monter au taux prévu. L'avion peut continuer alors à se traîner tout juste au-dessus du sol jusqu'à ce qu'il décroche ou qu'il heurte un obstacle. C'est ce qui s'est principalement passé dans les accidents de Gander, de Washington et de Dryden. La *Figure 3* montre le profil de vol à Dryden à titre indicatif.

### Conserver la maîtrise

Lorsqu'un aileron, une gouverne de profondeur ou un gouvernail de direction est déplacé, l'angle d'attaque local de l'air s'écoulant devant une

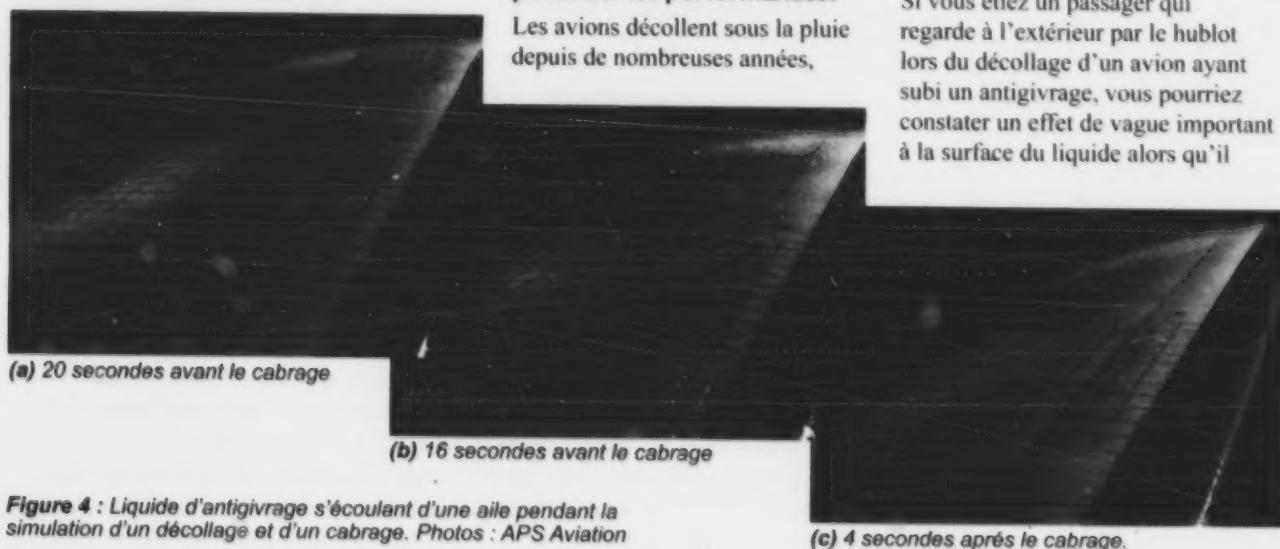
aile fixe ou une dérive est modifié. S'il y a de la contamination sur ce plan aérodynamique, le changement d'angle d'attaque peut causer un décrochage de l'écoulement d'air local en surface, ce qui se traduit par une brusque diminution ou même l'inversion de la sollicitation exécutée. Par ailleurs, la contamination de la gouverne déplacée peut causer un décrochage de l'écoulement au-dessus de celle-ci, de sorte que le pilote sente peu ou pas de réaction à sa sollicitation aux commandes. Pour un avion dont les gouvernes ne sont pas assistées, l'écoulement perturbé peut rendre inefficaces les compensateurs aérodynamiques et les bords débordants, et exiger du pilote une force excessive aux commandes, possiblement jusqu'au point où il est complètement subjugué et qu'il n'est plus en mesure de conserver la maîtrise en tangage de son appareil.

### Pourquoi les liquides d'antigivrage peuvent-ils pénaliser les performances?

Les avions décollent sous la pluie depuis de nombreuses années,

et on a montré que son effet sur le comportement aérodynamique est mesurable, mais négligeable à toutes fins pratiques. Il en est ainsi parce que l'eau présente une faible viscosité (elle s'écoule facilement) et qu'elle est délogée de la surface, sauf une mince pellicule, sous l'effet de l'écoulement aérodynamique. Les liquides de dégivrage présentent des caractéristiques similaires. Par contre, les liquides d'antigivrage sont efficaces pour protéger les surfaces des précipitations continues parce qu'ils forment une couche protectrice de glycol relativement épaisse (1 à 3 mm) qui est en mesure d'absorber la teneur en eau pendant une période prolongée avant de geler. Ces liquides sont formulés de telle sorte qu'ils présentent une viscosité relativement élevée (ils s'écoulent lentement ou pas du tout) lorsque l'avion est immobile ou qu'il circule au sol à faible vitesse; ils sont donc en mesure de demeurer sur les surfaces sous la forme d'une couche protectrice épaisse. Toutefois, ils passent rapidement à une faible viscosité lorsque les forces aérodynamiques créent un cisaillement à mesure que l'avion accélère et que l'écoulement aérodynamique augmente pendant le décollage. Le liquide commence alors à s'écouler hors de l'aile à mesure que la viscosité diminue.

Si vous étiez un passager qui regarde à l'extérieur par le hublot lors du décollage d'un avion ayant subi un antigivrage, vous pourriez constater un effet de vague important à la surface du liquide alors qu'il



**Figure 4** : Liquide d'antigivrage s'écoulant d'une aile pendant la simulation d'un décollage et d'un cabrage. Photos : APS Aviation

commence à s'écouler pendant que la vitesse de la course au décollage augmente. Cet écoulement de liquide diminue au point où seule une mince pellicule est présente au moment du cabrage et du début de la montée initiale. Des recherches ont montré qu'une fois que l'effet de vague a diminué suffisamment, les effets aérodynamiques de la pellicule qui demeure sont si faibles qu'on peut les considérer négligeables. De nombreux manuels de vol exigent d'augmenter les vitesses de décollage lorsque des liquides d'antigivrage ont été appliqués afin de donner suffisamment de temps au liquide pour s'écouler comme il faut pendant la course au décollage et pour réduire au minimum

ses effets aérodynamiques. La Figure 4 montre du liquide d'antigivrage s'écoulant d'une aile en soufflerie. Les vagues de liquide sont clairement visibles 20 et 16 secondes avant le cabrage, mais quatre secondes après ce dernier, les traces de liquide sont à peine visibles.

### Résumé

*Le propos de M. Brumby demeure un avertissement convaincant : même une toute petite perturbation de l'écoulement aérodynamique peut causer une forte perte de performances et un risque réel de perte de maîtrise. Tous ceux qui sont concernés par l'autorisation à partir d'un avion, personnel navigant*

*ou personnel de piste, doivent être conscients de cette menace et la prendre très au sérieux. ♦*

*Les questions aérodynamiques sont abordées plus en détail dans trois présentations de l'IOSC de 2005 et une présentation du SCOUIC 2005 énoncées ci-dessous.*

- IOSC 2005: Operations Under Ground Icing Conditions (Ingold)
- IOSC 2005: Aerodynamics Review (White)
- IOSC 2005: Winter Precipitation And Its Impact On Aerodynamics (Oleskiw)
- SCOUIC 2005: Ice Awareness – Preflight Considerations (Tanner)

*Voir le page 57 pour des hyperliens à d'autres références utiles.*

## Collision avec le pont à Washington

Le 13 janvier 1982

Aéroport Washington National, Washington (D.C.)

Le vol 90 d'Air Florida devait quitter le Washington National Airport à 14 h 15 (HNE). En raison de chutes de neige, l'aéroport avait été fermé entre 13 h 38 et 14 h 53, afin de permettre aux services de l'aéroport d'effectuer les opérations de déneigement. À environ 14 h 20, le personnel de maintenance avait commencé à dégivrer le côté gauche du fuselage de l'appareil avec du liquide de dégivrage de Type II, car le commandant de bord souhaitait entamer les opérations de dégivrage juste avant que l'aéroport ouvre de nouveau (14 h 30), afin d'être prêt à aligner son appareil en vue du départ. Le personnel au sol avait pulvérisé du liquide sur environ 10 pieds seulement lorsque le commandant de bord a mis fin aux opérations, la réouverture de l'aéroport étant remise à plus tard. Entre 14 h 45 et 14 h 50, le commandant a demandé à l'équipe au sol de reprendre les opérations de dégivrage.

Le personnel a dégivré le côté gauche de l'avion en premier. Pendant les opérations de dégivrage, aucun cache ou capuchon n'a été installé sur les entrées d'air réacteur ou dans les orifices de la cellule.

À 15 h 15, on a procédé à la fermeture des portes de l'aéronef et au retrait de la passerelle. L'équipage

a reçu l'autorisation de refoulement à 15 h 23. En raison de la glace, de la neige et du glycol répandus sur l'aire de stationnement et de la légère inclinaison du sol, le tracteur, qui n'était pas équipé de chaînes, n'a pas réussi à déplacer l'avion. Contrairement aux directives du manuel de vol, l'équipage de conduite a décidé d'utiliser la poussée inverse pour essayer de sortir l'appareil de l'aire de stationnement. Non seulement l'appareil n'a pas bougé, mais la poussée inverse a soufflé de la neige qui a pu se déposer sur la cellule de l'avion et s'engouffrer dans ses moteurs. Le tracteur a été remplacé, et le refoulement a eu lieu à 15 h 35. L'aéronef a finalement amorcé son roulage en direction de la piste 36 à 15 h 38.

Bien qu'un tel procédé ne soit pas autorisé dans le manuel de vol, l'équipage a tenté de dégivrer l'appareil en le plaçant près du flux d'air chaud expulsé par les réacteurs de l'appareil qui le précédait au départ, dans la file d'attente. Il est possible que cette manœuvre ait contribué à l'accrétion de glace sur les bords d'attaque des ailes et à l'obstruction des sondes PT-2 des réacteurs.

À 15 h 57, soit à peu près une heure après le début de l'opération de dégivrage, le commandant de bord



et le copilote ont commencé la liste de vérifications préalable au décollage, ce qui suppose la vérification du réglage du rapport de pression moteur (EPR) sur 2,04 et celle du réglage du curseur de vitesse indiquée. L'équipage a reçu l'autorisation de décoller à 15 h 58. Bien que le copilote ait signalé une anomalie au commandant de bord à quatre reprises pendant la procédure d'envol, ce dernier n'a pas interrompu le décollage. L'appareil a accéléré à un régime inférieur à la normale pendant la course au décollage; il lui a fallu 45 secondes et quasiment 5 400 pieds de piste pour atteindre la vitesse d'envol, soit 15 secondes et environ 2 000 pieds de plus que le point normal de décollage. L'enquête a révélé par la suite que l'équipage n'avait en aucun temps utilisé le dispositif d'antigivrage réacteur et que l'EPR réel était d'environ 1,7, et non de 2,4, comme l'indiquait l'instrument. L'avion a pris de l'altitude, mais il n'a pas pu accélérer après l'arraché. Le vibreur de manche s'est déclenché peu après le décollage et est resté en action jusqu'à l'impact. L'avion a subi un tremblement avertisseur de décrochage, puis est descendu avec un angle d'attaque élevé jusqu'à l'impact. À environ 16 h 1, l'avion a percuté la travée sud-nord du pont de la 14<sup>e</sup> Rue, très achalandée à ce moment-là, avant de plonger dans les eaux glacées du fleuve Potomac. Bilan, 74 des 79 occupants de l'avion ont perdu la vie, ainsi que 4 personnes au sol.

Parmi les causes probables qui ont conduit à l'écrasement, le National Transportation Safety Board a mentionné le fait que l'équipage de conduite a omis d'utiliser le dispositif d'antigivrage réacteur pendant les opérations au sol et le décollage, la décision de poursuivre le décollage alors que la voilure était contaminée par de la neige et de la glace, et le fait que le commandant de bord n'ait pas immédiatement interrompu le décollage alors que le copilote signalait des lectures anormales des instruments moteurs. Les facteurs qui ont contribué à l'accident sont les suivants : la période d'attente prolongée au sol - entre le moment du dégivrage et celui de l'autorisation de décollage de l'ATC - durant laquelle l'avion a été exposé à des précipitations incessantes; la tendance à cabrer du B-737 lorsque les bords d'attaque sont contaminés, même par de faibles quantités de neige ou de glace; et le manque d'expérience de l'équipage en matière de pilotage d'appareil de transport à réaction en conditions hivernales. ♦

Source : NTSB-AAR-82-8

Tiré d'un rapport de Aviation Safety Network : <http://aviation-safety.net/database/record.php?id=19820113-0>

## Transcription de la conversation du poste de pilotage du vol 90

[TRADUCTION]

...Liste de vérifications...

15:59:21 C/P Transpondeur?

15:59:21 CdB Sur « ON ».

15:59:24 TOUR Palm 90 autorisé à décoller.

15:59:28 TOUR Aucun retard au départ s'il vous plaît, trafic deux milles et demi finale pour la piste.

15:59:32 CdB OK, à toi les manettes des gaz.

15:59:35 [Bruit d'accélération des moteurs]

15:59:49 CdB Crie, si tu veux les essuie-glaces.

15:59:51 CdB On a les régimes. Très froid. Très froid.

15:59:58 C/P Mon Dieu! Regardez ça! Il y a quelque chose qui cloche, non? Ce n'est pas normal ça.

16:00:00 CdB Si c'est normal, on arrive à quatre-vingts.

16:00:10 C/P Non, je pense que ce n'est pas normal. Ou peut-être que si?

16:00:21 CdB Cent vingt.

16:00:23 C/P Je ne sais pas.

16:00:31 CdB V1. Vas-y doucement, V2.

16:00:36 [Bruit du vibreur de manche qui se met en marche et continue jusqu'à l'impact]

16:00:41 TOUR Palm 90, contactez le contrôle des départs.

16:00:45 CdB Pousse, pousse, vas-y doucement. On a seulement besoin de cinq cents.

16:00:48 CdB Pousse en avant, en avant, on monte à peine.

16:00:59 CdB On décroche, on tombe!

16:01:00 C/P Larry, on va s'écraser, Larry!

16:01:01 CdB Je sais.

16:01:01 [Bruit d'impact]

# Rendez-moi mon appareil!

## Pression opérationnelle et dégivrage

par le Capt Stéphane « Pacman » Paquet, Direction de la sécurité des vols

Au-delà de la théorie et des procédures mises en place pour gérer le dégivrage des aéronefs dans un environnement opérationnel, le personnel au sol et le personnel navigant doivent faire face à des pressions constantes sous la forme d'une cadence opérationnelle élevée, d'une charge de travail supplémentaire et de délais que peut imposer Dame Nature en hiver. L'incident qui suit met clairement en relief l'interaction insidieuse entre la pression opérationnelle et les procédures de sécurité établies. Il est tiré du SGESV, numéro 119728.

L'événement a eu lieu en janvier 2005, à la 4<sup>e</sup> Escadre Cold Lake alors qu'une section de quatre CF18 s'apprêtaient à décoller pour une mission d'entraînement l'après-midi. Les quatre appareils en question avaient déjà volé dans la matinée, et les quatre pilotes avaient signalé des signes de givrage parce qu'un avertissement de givrage d'entrée d'air moteur s'était affiché sur les écrans numériques du poste de pilotage. Le pilote en service aux opérations a avisé le superviseur de l'entretien courant de ce fait, et l'information a alors été communiquée au superviseur de piste avec instruction que les équipes de piste vérifient les moteurs en rampant à l'intérieur, puis qu'ils inspectent le reste de la structure des avions à la recherche de givre.

Les équipes de piste, composées de techniciens expérimentés et subalternes, ont effectué l'inspection, et un seul technicien a signalé une très mince couche de givre sur les bords d'attaque des entrées d'air moteur. Les autres n'ont signalé aucun givrage. Les

choses en sont restées là jusqu'à ce que les pilotes de l'après-midi signent la prise en charge de leur appareil et effectuent l'inspection extérieure avant vol. Pendant cette inspection, ils ont découvert du givre sur les bords d'attaque des ailes ainsi que sur les entrées d'air moteur. L'information a alors été communiquée de nouveau au superviseur de piste, puis au superviseur de l'entretien courant.

Selon les procédures établies, le superviseur de l'entretien courant a contacté le service de dégivrage de l'escadre et il a été avisé qu'il y aurait un délai d'au moins 30 minutes avant que le véhicule de dégivrage puisse fournir son service aux appareils en question, car il fallait d'abord réchauffer le liquide de dégivrage avant de l'appliquer. Dans l'intervalle, les appareils d'un autre escadron, qui participaient aussi à la mission, s'apprêtaient à démarrer, ajoutant encore plus de pression à la résolution rapide du problème de dégivrage. Après une autre inspection des appareils en question, des superviseurs supérieurs de maintenance ont suggéré de remorquer les quatre appareils dans le hangar pour permettre au givre de fondre. Compte tenu des délais occasionnés, l'officier des opérations de l'escadron (O Ops) a jugé cette solution inacceptable. Impatient, il a demandé pourquoi d'autres solutions n'étaient pas envisagées et a commencé à proposer diverses méthodes de dégivrage non approuvées, allant de l'utilisation des techniciens disponibles pour qu'ils réchauffent de leurs mains les entrées d'air moteur givrées, jusqu'à l'utilisation d'eau chaude, de chiffons

et de serviettes pour sécher le tout.

Un échange houleux a suivi entre l'O Ops et un officier de maintenance, qui était moins gradé, devant le personnel d'entretien courant de l'escadron et les pilotes des appareils en question. Sur les instructions de l'O Ops, une méthode improvisée de dégivrage faisant appel à de l'eau chaude et à des chiffons a été tentée, mais elle a dû être interrompue car elle ne faisait qu'empirer le problème. On a alors décidé d'utiliser une carte de crédit et le grattoir du véhicule de piste pour enlever le givre des entrées d'air moteur. Finalement, et grâce à des moyens non autorisés, le givre a été éliminé des entrées d'air moteur seulement, les bords d'attaque des ailes demeurant toujours contaminés par ce qui était perçu comme étant une mince couche de givre. Les pilotes ont jugé que cette situation était acceptable, et ils ont commencé à démarrer leurs moteurs après un délai de 45 minutes. Ils ont par la suite rejoint les autres appareils de l'escadron qui les attendaient toujours à l'entrée de la piste. Tous les appareils ont décollé et ont effectué la mission prévue sans autre incident.

Cet événement est un exemple flagrant de la façon selon laquelle la pression opérationnelle, perçue ou réelle, peut prendre de l'ampleur dans une période relativement courte et culminer par un écart volontaire par rapport à des procédures et à des normes bien établies. Sans aucun doute, à la base de ces interventions, on note une méconnaissance des effets du givre sur un aéronef, même en quantités relativement petites. L'équipe d'entretien courant qui

a effectué les inspections avant vol initiales n'a pas perçu que la présence de givre sur les ailes ou les entrées d'air moteur présentait une menace et, par conséquent, ne l'a pas signalée. Le personnel navigant, tout en sachant que ce contaminant était présent, était disposé à accepter un moyen non autorisé de l'éliminer et, finalement, a accepté de décoller alors que du givre se trouvait toujours

sur le bord d'attaque des ailes. La direction de l'escadron a également joué un rôle dans cet incident, puisque l'O Ops a laissé faire une situation, et y a contribué, où la pression opérationnelle s'est soldée par une gestion inverse du risque. En effet, le désir d'exécuter une mission d'entraînement régulière en temps de paix a pris le dessus sur les principes fondamentaux de la sécurité des vols.

Au-delà des lacunes de connaissances et de la mauvaise gestion du risque qui ont marqué cet incident, il y a le fait que, ce jour-là, on a montré au personnel navigant du CF18 et au personnel de piste qu'en matière de givrage des aéronefs, il est possible de contourner les règlements et qu'un peu de givre est négligeable, ce qui est contraire à tout ce qui est bien connu dans le monde de l'aviation. ♦

## La performance sous pression

### Good Show remis au Capitaine Bonnie Blocka

*L'article suivant est tiré d'une distinction Good Show présentée au Capitaine Blocka en 2007. Le texte illustre une situation durant laquelle la suite d'événements reliés à un incident a été interrompue non pas par la première, ni même la deuxième ligne de défense, mais bien par l'intervention d'une personne entre les deux qui a réalisé l'ampleur du danger et s'est prononcée en conséquence.*

**L**e 15 janvier 2007, la Base des Forces canadiennes de Trenton était aux prises avec d'importantes précipitations verglaçantes. Le service de contrôle de la neige et de la glace (SCNG) arrivait à peine à maintenir l'aérodrome ouvert. Le Capitaine Blocka, officier de service (OS) de la 8<sup>e</sup> Escadre, a communiqué avec l'entreprise Skylink, responsable du contrat des FC pour les Ilyushin Il-76, afin de lui faire part des mauvaises conditions à l'aérodrome et de lui suggérer de reporter l'heure de départ. Lorsque les conditions météorologiques se sont améliorées, elle a effectué une inspection de la piste, de la voie de circulation et de l'aire de trafic. Au cours de son inspection, elle s'est arrêtée près de l'IL-76 et elle a constaté qu'il y avait une importante accumulation de glace (au moins ¼ po) sur les moteurs, les fenêtres, le fuselage et l'empennage de l'aéronef.

Lorsque l'équipage de l'IL-76 est arrivé à l'heure reportée, le Capt Blocka l'a informé de l'accumulation de glace sur l'appareil et elle a commencé à expliquer les procédures de dégivrage de la 8<sup>e</sup> Escadre. Le commandant de l'IL-76 l'a rapidement interrompue pour lui dire que l'appareil n'avait pas besoin de dégivrage. Le Capt Blocka, qui est pilote d'Embraer et instructeur sur simulateur pour Air Canada et qui possède 18 ans d'expérience de vol, a répété qu'elle avait personnellement inspecté l'appareil et que celui-ci devait passer au dégivrage. L'équipage continuait de dire que le dégivrage n'était pas nécessaire. Aucunement découragée par la situation, le Capt Blocka s'est rendue jusqu'à l'appareil avec l'équipage pour lui montrer les surfaces hautement contaminées. L'équipage de l'IL-76 s'entêtait à dire que le gros aéronef russe n'avait pas besoin de

dégivrage. Le Capt Blocka a alors expliqué avec tact, mais fermement, que selon les règlements de la 8<sup>e</sup> Escadre, aucun aéronef ayant un degré de contamination comme celui qu'elle avait sous les yeux ne pouvait être autorisé à décoller, quel que soit son pays d'immatriculation.

Le commandant de l'IL-76 a alors hoché la tête et il est monté à bord de l'appareil.

Puisque le Capt Blocka n'était pas du tout certaine, à ce moment-là, des intentions du commandant, elle a décidé de communiquer avec le contrôleur sol de l'ATC pour lui signaler clairement de diriger l'IL-76 vers l'aire de dégivrage. Peu de temps après le début du dégivrage, la vigilance de le Capt Blocka a encore été mise à l'épreuve lorsque six membres de l'équipage sont descendus de l'appareil pour essayer de parler à l'équipe de dégivrage alors qu'une quantité importante de glycol dégoûtait des ailes. Elle a immédiatement fait cesser les opérations de dégivrage et elle a demandé à l'équipage de remonter à bord et de fermer les portes conformément aux procédures d'utilisation normalisées. L'équipe de dégivrage a alors été avisée de dégivrer l'aéronef comme s'il s'agissait de n'importe quel autre aéronef.

Le professionnalisme dont a fait preuve le Capt Blocka est tout simplement impressionnant. Ses actions ont, sans l'ombre d'un doute, contribué à éviter une situation potentiellement catastrophique. Sa ténacité et sa détermination à faire respecter les bonnes pratiques de sécurité ont été remarquables. Le Capt Blocka mérite vraiment que l'on reconnaisse les efforts qu'elle a déployés au moment de cet incident pour le moins difficile. ♦

# Méthodes de dégivrage

par Ken Walper, P.Eng., ingénieur en systèmes mécaniques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

L'exploitation d'un aéronef dans des conditions givrantes au sol menace la sécurité. Ces activités ont été le témoin d'un nombre important de pertes de vies humaines et d'aéronefs.

Le principal défi auquel fait face un aéronef lors de chutes de neige, de bruine verglaçante ou d'autres précipitations verglaçantes au sol est celui d'atteindre le point de décollage avec une voilure prête à décoller sur le plan aérodynamique. La première étape consiste à nettoyer les surfaces critiques d'un aéronef selon la réglementation et au moyen des méthodes appropriées.

## Réglementation

**B-GA-100-001/AA-000,  
Chapitre 9, para 44**

*À moins d'indications contraires dans les ITFC, aucun décollage ne doit être tenté lorsqu'il y a du givre, de la neige, de la glace ou toute autre contamination de surface adhérent aux surfaces critiques d'un aéronef. Les surfaces critiques comprennent les ailes, les gouvernes, les rotors, les hélices, les stabilisateurs et les dérives, et toute autres surface stabilisatrice, ainsi que la partie supérieure de fuselage des aéronefs dotés de moteurs à l'arrière, sans toutefois s'y limiter. On ne doit tenter aucun décollage lorsque le tube pitot ou les orifices de la prise statique sont bloqués. Il faut employer des techniques et des liquides approuvés pour enlever la contamination ou l'obstruction avant le décollage. Si possible, on utilisera les tables de durée d'efficacité pour déterminer la durée approximative de la protection offerte par les liquides anti-givre et dégivrant.*

## Techniques

### Nature

La façon la plus écologique de dégivrer un aéronef lorsque le temps n'est pas un facteur est de laisser l'aéronef au soleil. Bien qu'il ne soit pas pratique sur le plan opérationnel de dégivrer de cette manière, il peut être possible de stationner l'aéronef dans un endroit ensoleillé pour prendre de l'avance sur le dégivrage.

### Moyens mécaniques

Il y a une grande variété d'accessoires permettant d'aider à éliminer des contaminants gelés d'un aéronef. Des facteurs comme la température, la quantité de contaminants, la taille de l'aéronef, le vent, l'emplacement de la contamination et les ressources disponibles contribuent tous à la décision de choisir un moyen approprié. Quel que soit le moyen finalement choisi, celui-ci ne doit pas endommager l'aéronef.

Voici un certain nombre des moyens mécaniques les plus courants pour éliminer ou prévenir la contamination :

1. Pour éliminer les contaminants :
  - a) balais
  - b) brosses
  - c) cordes
  - d) racloirs
2. Pour éviter la contamination :
  - a) housses d'aile
  - b) housses de rotor
  - c) hangar

### Notes

1. Il faut utiliser avec très grand soin les moyens mécaniques pour éliminer les contaminants. Les composants vulnérables de l'aéronef comprennent entre autres les antennes, les tubes de Pitot, les prises statiques, les

pare-brise, les capteurs d'angle d'attaque, les générateurs de tourbillons et les gouvernes.

2. Pour plus de renseignements, consulter le document TP14052F de Transports Canada, intitulé *Lignes directrices pour les aéronefs – Lors de givrage au sol*, daté d'avril 2005<sup>1</sup>.

### Liquides

Le moyen le plus largement utilisé pour dégivrer un aéronef en temps opportun pendant les conditions de givrage au sol consiste à recourir à des liquides chauffés. Les liquides sont habituellement à base de glycol et sont appliqués sous pression.

### Air forcé

Le recours à l'air forcé est en train de devenir un moyen de plus en plus courant pour éliminer les contaminants. L'air forcé peut réduire considérablement la quantité de liquide de dégivrage nécessaire, surtout lorsqu'il sert à enlever de la neige folle d'un aéronef. De l'air forcé chauffé peut aussi servir à enlever des contaminants gelés qui adhèrent aux surfaces, mais c'est une opération ardue.

On a récemment évalué comment l'air forcé pouvait être utilisé de façon hybride. Il s'agirait de procéder d'abord à l'application de liquides d'antigivrage, puis de se servir de l'air forcé pour « transporter » ces liquides sur une plus grande distance. L'opérateur peut ainsi mieux distribuer le liquide d'antigivrage, ce qui est particulièrement utile pour l'antigivrage de grandes surfaces. Cette méthode n'est pas encore largement utilisée. ♦

<sup>1</sup> [www.tc.gc.ca/AviationCivile/publications/tp14052/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/AviationCivile/publications/tp14052/menu.htm)



# Infiltration insidieuse

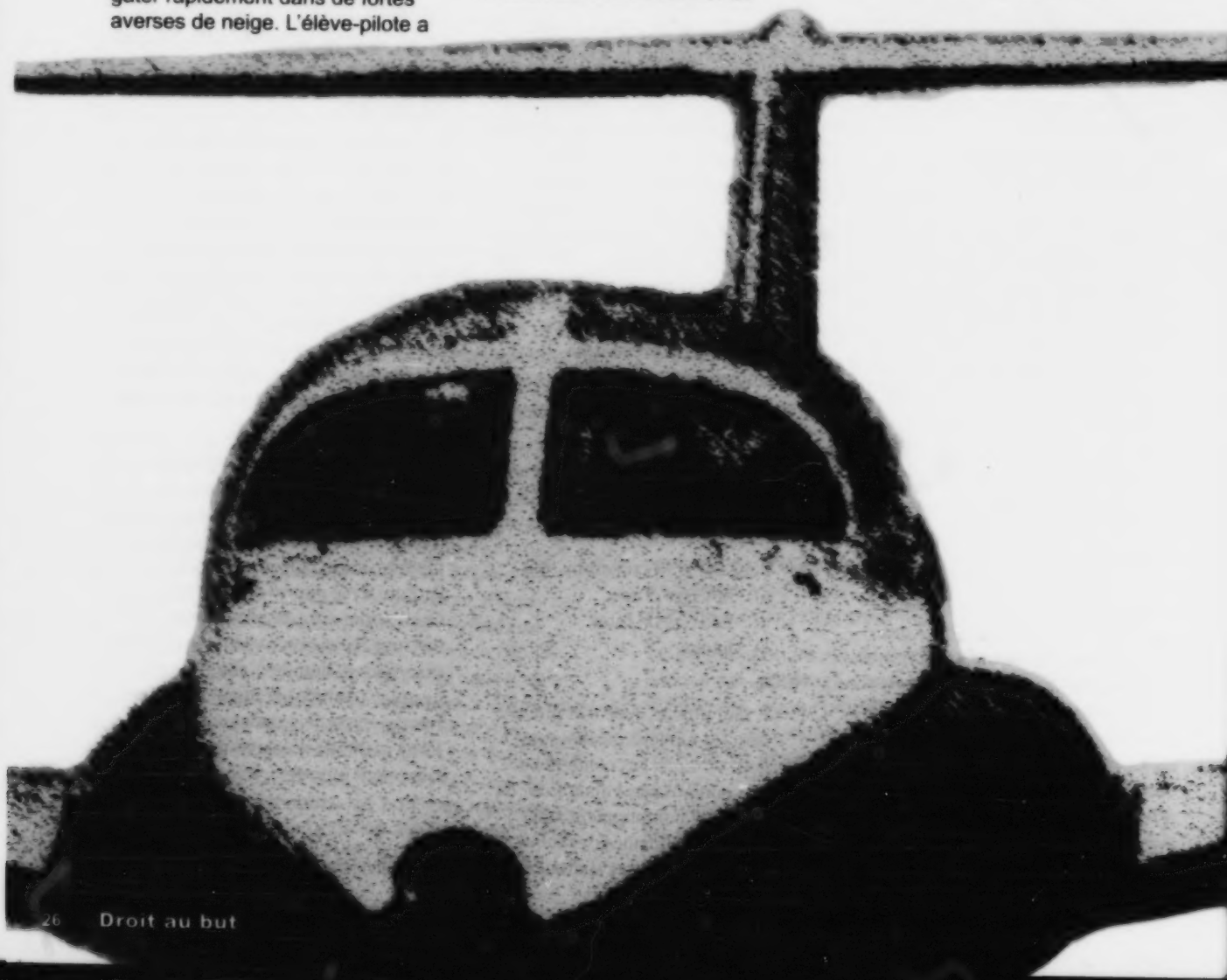
par un pilote anonyme

Il y a 20 ans, j'étais instructeur à la 2<sup>e</sup> École de pilotage des Forces canadiennes (2 EPFC) sur CT114 *Tutor*. Je volais de Sault Ste. Marie vers Thunder Bay dans le cadre d'une mission de formation « de navigation vers l'est » de cinq jours en compagnie d'un élève-pilote qui se trouvait à la fin de sa formation en pilotage. C'était vers la fin de novembre, et la visibilité à l'aérodrome ainsi que le plafond commençaient à se gâter rapidement dans de fortes averses de neige. L'élève-pilote a

exécuté sans problème l'approche ILS et l'atterrissage à Thunder Bay, et nous avons roulé vers l'aire de trafic de l'exploitant local des services aéronautiques à l'aéroport dans des averses de neige de plus en plus fortes. La température avoisinait le point de congélation.

Nous avons fait le plein de carburant, attrapé un café et attendu à l'aéroport que la neige cesse avant de continuer notre mission d'entraînement et de

nous rendre à notre prochaine destination prévue : la base aérienne de Grand Forks, dans le Dakota du Nord. Une fois que la neige a cessé, nous sommes sortis et avons trouvé notre avion recouvert d'un ou de deux pouces de neige lourde et mouillée. À l'aide de balais, nous avons déneigé les surfaces de l'avion. À cause de la température et du fait que la neige était lourde et mouillée, nous avons pu l'enlever assez facilement.



Nous avons aussi passé le balai sur le dessus du stabilisateur, mais comme ce dernier est situé sur le dessus de la dérive, nous ne pouvions vraiment apercevoir toute sa surface supérieure. Néanmoins, nous étions certains d'y avoir enlevé toute la neige. Personne n'a pensé à pulvériser du liquide de dégivrage sur l'avion. Je n'avais jamais vu cette opération sur un Tutor et je ne suis pas sûr que les services aéronautiques de l'aéroport offraient même ce service.

D'autres averses de neige approchaient, alors nous nous sommes rapidement sanglés dans l'avion, avons obtenu notre autorisation IFR, démarré et roulé vers la piste en service. L'aérodrome a subi une autre

averse de neige importante tout juste au moment où nous avons pris l'air. Mais nous n'étions pas inquiets parce que nous nous dirigions vers le sud vers des températures quelque peu plus chaudes et du temps plus clément. L'élève-pilote était aux commandes et nous franchissions les 8000 pi en montée, toujours en IMC, lorsque j'ai senti l'avion effectuer brutalement un mouvement de tangage d'environ 5 degrés. Bien sûr, j'ai immédiatement présumé que l'élève-pilote avait commis une erreur et je lui ai demandé ce qu'il faisait. Je me rappelle les gros yeux qu'il m'a faits à travers la visière transparente de son casque en répondant qu'il n'y était pour rien et que le manche semblait coincé longitudinalement. J'ai pris les commandes de l'avion et j'ai

rapidement confirmé que le manche était effectivement partiellement coincé longitudinalement. Je pouvais déplacer le manche d'avant en arrière, mais il devenait très raide près du point neutre; si je poussais ou tirais suffisamment fort, je parvenais à le dégager.

Dans l'intervalle, nous sommes sortis au-dessus des nuages et avons réévalué la situation. Nous éprouvions des difficultés à maîtriser notre appareil, mais nous étions en mesure de conserver une assiette raisonnable en tangage, même si le déplacement longitudinal du manche était très ardu. Thunder Bay se trouvait près des limites d'approche, et la piste était recouverte de neige : situation pas très brillante compte tenu du comportement de notre appareil. À peu près à ce moment, j'ai finalement compris ce qui se passait et je me suis rendu compte qu'un restant de neige ou de neige mouillée se trouvait entre la gouverne de profondeur et le stabilisateur, et qu'il avait gelé lors de la montée initiale, ce qui gênait le déplacement de la gouverne.

La température à Grand Forks se situait au-dessus du point de congélation, soit à 5 °C, et nous avons donc poursuivi notre vol jusqu'à cet endroit en espérant que notre problème était bien une accumulation de glace et que cette dernière fondrait pendant la descente dans l'air plus chaud de Grand Forks. Pour le moment, l'avion demeurait gouvernable, mais la commande en tangage ne s'était toujours pas assouplie.

Comme nous l'avions espéré, les sollicitations sur la gouverne de profondeur sont devenues moins difficiles pendant la descente

à Grand Forks, et il a semblé que ce qui obstruait la gouverne avait maintenant fondu ou était autrement disparu. Nous nous sommes posés sans problème et avons roulé vers l'aire de stationnement. Après l'arrêt du moteur, nous avons demandé une échelle pour inspecter l'empennage afin de voir ce qui aurait pu avoir causé nos difficultés et vérifier s'il y avait des traces de dommage. Il n'y en avait pas.

À la fin de la journée, j'étais d'avis que nos problèmes avec la gouverne de profondeur avaient été causés par l'accumulation de neige ou de neige mouillée entre la gouverne et le stabilisateur lorsque nous avions tenté de déneiger l'empennage. Ce restant de neige avait probablement gelé pendant que nous nous stabilisions en vitesse de montée et que nous corrigions légèrement la position de la gouverne de profondeur. Lorsque nous avons tenté de déplacer la gouverne de profondeur de façon plus importante, la masse de neige gelée a entravé la gouverne et l'a empêchée de se déplacer. Heureusement, en fin de compte, l'obstruction a pu être éliminée, et nous n'avons pas eu besoin de nous éjecter.

Quelles leçons ai-je tiré de cette aventure? Premièrement, si vous devez recourir à un moyen mécanique pour dégivrer votre appareil, assurez-vous qu'il élimine toute la glace, surtout ce qui pourrait rester pris dans les fentes et les espaces libres autour des gouvernes. Deuxièmement, une pulvérisation dégivrante aurait été un moyen plus indiqué et plus sûr de nettoyer l'avion. ♦

# La physique et la chimie derrière les liquides de dégivrage et d'antigivrage

par Laird McKinnon, ingénieur des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

La contamination d'une aile ou d'une gouverne peut perturber l'écoulement aérodynamique et gêner les surfaces portantes et les gouvernes d'un aéronef. La neige, la glace, le givre ou tout autre type de précipitation hivernale deviennent rapidement des contaminants dangereux lors des opérations par temps froid. Le meilleur moyen d'éliminer ces contaminants d'une aile consiste à utiliser un liquide de dégivrage. Toutefois, s'il faut faire décoller un aéronef pendant des précipitations actives en hiver, il faut aussi protéger les surfaces de l'aéronef pendant le roulage et le décollage. Le meilleur moyen d'assurer une protection prolongée après le dégivrage consiste à utiliser un liquide d'antigivrage.

## Spécifications des liquides

La Society of Automotive Engineers (SAE) a élaboré des spécifications que doivent respecter les liquides de dégivrage et d'antigivrage, et les Forces canadiennes n'utilisent que des liquides conformes aux spécifications de la SAE. La spécification de matériel aéronautique (Aircraft Material Specification (AMS) 1424) de la SAE précise les spécifications de comportement des liquides de dégivrage. Le liquide AMS 1424 de la SAE est couramment appelé liquide de Type I.

Les spécifications de rendement des liquides d'antigivrage figurent dans le document AMS 1428 de la SAE. Les liquides d'antigivrage de la spécification AMS 1428 sont les

liquides de Type II, de Type III et de Type IV.

Pour figurer sur la liste des liquides certifiés publiée par Transports Canada et la FAA, chaque liquide de dégivrage et d'antigivrage doit subir des tests touchant ses propriétés physiques, son pouvoir antigivrant, sa propriété sur le plan aérodynamique et sa durée d'efficacité.

## Propriétés physiques

Tous les liquides doivent être essentiellement exempts de matières en suspension et être homogènes à la livraison.

Les principaux ingrédients du liquide de dégivrage de Type I sont le glycol (éthylène glycol [EG] ou propylène glycol [PG]) et l'eau. Les liquides PG diffèrent principalement des liquides EG en ce que les premiers sont plus écologiques, tandis que les liquides EG présentent habituellement une température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT) inférieure.

Les liquides de dégivrage sont également stables au cisaillement<sup>1</sup> et ils peuvent être déplacés ou livrés sous pression par pompe centrifuge, pompe à engrenages, pompe à rotor hélicoïdal excentré ou pompe à membrane sans que leur rendement soit compromis. On a récemment montré que les liquides de dégivrage offraient très peu de protection pendant les précipitations

actives en hiver, parce que la plus grande partie du liquide s'écoule de l'aéronef pour tomber sur l'aire de dégivrage.

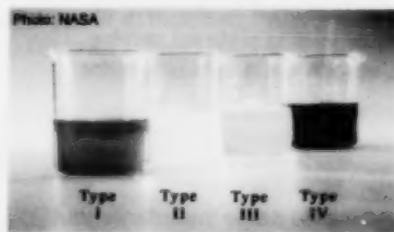


Figure 1 : Couleur de chacun des liquides : Type I (orange), Type II (jaune paille), Type III (jaune) et Type IV (vert).

Similaires aux liquides de Type I, les liquides d'antigivrage contiennent aussi principalement du glycol (EG ou PG) et de l'eau. La principale différence est que ces liquides contiennent des épaississants. Ces épaississants aident à assurer qu'une couche de 1 à 3 mm de liquide d'antigivrage demeure sur l'aéronef pour offrir une protection supplémentaire. Très peu de liquide d'antigivrage va s'écouler d'un aéronef immobile ou au roulage. Les épaississants ont été formulés de manière à ce que le liquide d'antigivrage soit un liquide non newtonien à fluidification. Cela signifie qu'au repos, le liquide présente une viscosité très élevée, mais une fois qu'une force de cisaillement (comme l'écoulement aérodynamique sur l'aile pendant le décollage) est appliquée, la viscosité diminue de beaucoup. Le liquide s'écoule alors de l'aile avant que l'aéronef atteigne sa vitesse de cabrage. Il est essentiel d'éviter de

<sup>1</sup> **Stable au cisaillement :** la viscosité ne se dégrade pas à l'application de forces de cisaillement.

cisailler le liquide pendant le pompage, car serait alors détruite la capacité du liquide de maintenir une pellicule épaisse. Seules les pompes à faible cisaillement (p. ex. pompe à membrane ou pompe à rotor hélicoïdal excentré) ou de l'air sous pression peuvent être utilisés.

Scientific Material International (SMI) de Miami, en Floride, effectue les essais de propriétés physiques pour la certification des liquides en Amérique du Nord. Les essais comprennent la mesure de la stabilité thermique, de la stabilité en stockage et de la stabilité au cisaillement, de paramètres environnementaux, de la viscosité, du point d'éclair, du pH, des propriétés moussantes ainsi que l'évaluation de l'assèchement et de la corrosion.

### Essais du pouvoir antigivrant

La détermination du pouvoir antigivrant nécessite deux essais : un essai de durée d'efficacité à l'aspersion d'eau et un essai de durée d'efficacité en milieu hautement humide. Ces essais servent à démontrer que les liquides peuvent conserver leurs propriétés requises pendant une période minimale lorsqu'il y a ajout d'eau. Le Laboratoire international des matériaux antigivre (LIMA), à l'Université du Québec à



*Détermination des durées d'efficacité au moyen de l'essai à la plaque horizontale*

Chicoutimi, effectue ces deux essais, conformément à la spécification AS 5901.

### Essais de durée d'efficacité

Chaque année, Transports Canada et la Federal Aviation Administration (FAA) exigent des essais de durée d'efficacité pour les nouveaux liquides et les liquides qui doivent être certifiés de nouveau. Les essais de durée d'efficacité se font au moyen de l'essai à la plaque horizontale dans lequel une plaque en aluminium est inclinée de 10° pour simuler le bord d'attaque ou le bord de fuite d'une aile sur laquelle le liquide s'écoulera plus ou moins rapidement (*Figure 1*). Le liquide est versé sur la surface et exposé à des conditions givrantes, puis on note le temps nécessaire pour qu'il atteigne un état final prédéterminé (point de défaillance du liquide). Des essais antérieurs ont prouvé que les critères de défaillance pour l'essai à la plaque horizontale étaient suffisamment représentatifs de la défaillance d'un liquide sur une aile.

APS Aviation Inc., de Montréal, effectue des essais de durée d'efficacité au Canada en fonction des spécifications ARP 5485 et ARP 5945 de la SAE.

### Essais aérodynamiques

Les liquides de dégivrage et d'antigivrage sont des contaminants « contrôlés » qui sont appliqués sur les surfaces d'un aéronef. Tous les liquides doivent subir un essai en soufflerie visant à démontrer qu'ils s'écouleront de l'aéronef pendant un décollage représentatif. Des essais

aérodynamiques antérieurs menés par la NASA ont validé la corrélation entre les résultats des essais en soufflerie et ceux obtenus sur la « vraie » aile du Boeing 737 ayant servi d'aéronef d'essai. Cette corrélation permet d'utiliser un essai en soufflerie uniforme pour de multiples types d'aéronef. Le LIMA effectue des essais en soufflerie pour la qualification des liquides en fonction de la spécification AS 5900.

L'essai aérodynamique se déroule de la façon suivante : le liquide à tester est appliqué sur une plaque horizontale montée dans la soufflerie. La vitesse en soufflerie augmente alors graduellement jusqu'à une vitesse d'essai prédéterminée. L'effet aérodynamique du liquide sur l'écoulement aérodynamique passant sur la plaque est mesuré et comparé à l'écoulement sur une plaque propre. Le résultat de l'essai est évalué par rapport au critère de l'épaisseur de déplacement d'une couche limite standard, puis on détermine si le liquide a réussi ou a échoué à l'essai. De nombreux essais en soufflerie sont exécutés pour chaque liquide sur une certaine plage de températures afin de déterminer la température à laquelle l'épaisseur du liquide correspond à un échec à l'essai. Sur le plan aérodynamique, cette température devient alors la température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT); toutefois, une évaluation du point de congélation est nécessaire pour déterminer la LOUT du liquide en service. Les vitesses utilisées en soufflerie dépendent du type de liquide testé; par exemple, les liquides de Type III sont utilisés sur les aéronefs dont les vitesses de décollage sont réduites.

### Température minimale d'utilisation opérationnelle

Il est important de déterminer la température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT) du liquide. Afin de déterminer cette température, il faut d'abord déterminer la dilution au moyen d'un réfractomètre (valeur Brix), puis consulter les données du



*Installation pour l'essai de durée d'efficacité à l'aspersion d'eau au LIMA.*



*La veine d'essai de la soufflerie du LIMA. Source : APS Aviation*





*Pendant l'essai initial de durée d'efficacité, les durées obtenues sur plaque horizontale ont été comparées aux durées d'efficacité réelles sur aile, et l'on a déterminé que l'utilisation de la méthode à plaque horizontale était représentative des surfaces d'un aéronef. Photo : APS Aviation*

fabricant pour déterminer le point de congélation.

La LOUT de tous les liquides est déterminée comme étant la plus élevée des valeurs suivantes :

La température la plus basse à laquelle le liquide réussit l'essai d'acceptation aérodynamique approprié en soufflerie.

Le point de congélation du liquide augmenté d'un tampon de 7 °C (10 °C pour les liquides de Type I).

### Dilution

Différentes dilutions de liquide de dégivrage et de liquide d'antigivrage peuvent être utilisées pour aider à réduire au minimum la quantité de glycol rejetée dans l'environnement. Elles aident aussi à réduire les coûts, parce que moins l'on utilise de glycol, plus économique sera l'application de liquide. Dans le cas des liquides de Type I, il est important de respecter les indications du fabricant pour la dilution. Il ne faut jamais appliquer les liquides de Type I sans les avoir dilués (100 % glycol), car le point de congélation le plus bas sera réellement atteint si le liquide est dilué. Habituellement, il y a une dilution maximale recommandée pour un liquide donné.

On peut diluer les liquides d'antigivrage, mais encore là il faut respecter les indications du fabricant.

Ces liquides ne peuvent être dilués que dans les solutions suivantes de glycol et d'eau : 100/0, 75/25 et 50/50. Quel que soit le liquide utilisé et sa dilution, il faut aussi se conformer aux tableaux de durées d'efficacité de Transports Canada. S'il n'y

a pas de durée d'efficacité pour une dilution donnée, à une température donnée, pour un liquide donné, il faut alors s'abstenir d'utiliser ce liquide. Les liquides d'antigivrage sont très peu dilués en Amérique du Nord, mais cette pratique est courante en Europe.

### Impact sur l'environnement

Le meilleur moyen de réduire au minimum l'impact des liquides de dégivrage et d'antigivrage sur l'environnement consiste à récupérer le liquide des aires de dégivrage. On le fait souvent au moyen d'un système de drainage spécial ou au moyen de gros camions aspirateurs. Une fois récupéré, le liquide peut être recyclé en d'autres produits, comme du liquide de refroidissement pour moteur d'automobile. Les liquides EG et PG sont tous deux biodégradés dans l'environnement; par contre, les liquides EG présentent une demande biologique en oxygène (DBO) supérieure et ils peuvent, de ce fait, causer une réduction ou un appauvrissement des niveaux d'oxygène dissous dans les cours d'eau récepteurs, ce qui risque de nuire à la vie aquatique.

### Stockage et manipulation

Des matériaux convenables pour les réservoirs de stockage sont l'acier au carbone enduit bien entretenu, le polyester opaque renforcé de fibre de verre, le polyéthylène opaque,

l'aluminium ou l'acier inoxydable.

Idéalement, les liquides de dégivrage doivent être stockés non chauffés. Le liquide peut être conservé dans un contenant de stockage chauffé en attente avant ou durant les activités de dégivrage afin de gagner du temps lorsqu'on le chauffe à la température finale d'application, mais il est important d'éviter de le chauffer inutilement pendant les périodes d'inactivité, car le liquide pourrait subir une dégradation thermique. Pour cette raison, il est nécessaire de procéder à des essais périodiques du liquide, surtout en début de saison où il pourrait être nécessaire de requalifier le liquide.

Les liquides sont formulés avec des composants qui doivent être stables si les liquides sont stockés dans un endroit non chauffé. Cependant, il est prudent de tester périodiquement le liquide pour assurer qu'il convient toujours à l'usage. Il faut respecter les recommandations de durée de vie en stockage du fabricant pour assurer que le liquide peut toujours être utilisé.

Il est important de consulter la fiche signalétique de chaque liquide auquel les utilisateurs pourraient être exposés. Il faut porter une attention spéciale aux exigences relatives à l'équipement de protection individuelle; assurez-vous que tout le personnel respecte les procédures de manipulation recommandées par le fabricant.

Enfin, il est important d'établir un programme de formation complet et un système de contrôle de la qualité afin d'être en mesure de faire face à toutes les complexités liées aux liquides de dégivrage et d'antigivrage. ♦

*Une bonne partie des renseignements et la plupart des photos du présent article sont tirés d'une présentation d'APS Aviation Inc. à l'IOSC 2005, intitulée Essai des liquides de dégivrage et d'antigivrage au sol, de Mike Chaput, accessible sur le RED à <http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/lcing%20info/2005/Presentations/DND-OCTOBER%2012.pdf>.*

# L'utilisation des liquides de dégivrage et d'antigivrage pendant les opérations givrantes au sol

par Ken Walper, P.Eng., ingénieur des systèmes mécaniques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

## Liquides de dégivrage d'aéronef

La façon la plus répandue de dégivrer, en temps opportun, un aéronef pendant des conditions de givrage au sol consiste à utiliser des liquides chauffés, vaporisés sous pression.

## Utilisation des liquides pour le dégivrage

Les liquides de dégivrage d'aéronef, appelés liquides de Type I de la SAE, sont conçus principalement pour déloger des contaminants gelés des surfaces critiques d'un aéronef avant le décollage, mais ils possèdent aussi une capacité très limitée de protéger un aéronef de toute accumulation de contaminants gelés. Ces liquides sont chromocodés et prennent un aspect orange à l'application.

Récemment, des essais ont révélé que les principaux mécanismes à l'œuvre lorsqu'on utilise un liquide chauffé de Type I pour enlever des contaminants gelés sont la pression et l'énergie thermique du liquide. Contrairement à ce qui était admis précédemment, ce n'est pas le glycol en lui-même qui déloge les contaminants gelés des surfaces d'un aéronef, mais plutôt la chaleur et la pression avec laquelle le glycol est appliqué. Les liquides de Type I sont habituellement chauffés entre 60 et 80 °C. Le glycol des liquides de Type I offre au pilote une protection très limitée contre toute contamination ultérieure lorsqu'il se prépare pour le décollage ou pendant qu'il attend l'application d'un liquide

OAT [°C]	WEATHER CONDITIONS				
	Frost	Freezing Fog	Steady Snow	Freezing Rain	Rain on Cold Soaked Wing
+ 0 and above	45 min.	30 min.	15 min.	5 min.	15 min.
- 0 to - 7	45 min.	15 min.	15 min.	3 min.	
- 8 and below	30 min.	15 min.	15 min.		

Figure 1 : Tableau de durées d'efficacité vers 1989, montrant des durées d'efficacité par trop optimistes.

d'antigivrage plus avancé (Type II, III ou IV) sur son appareil.

Des essais dans un environnement contrôlé ont révélé qu'on ne peut se fier aux liquides de Type I pour offrir une protection antigivrage prolongée pendant des précipitations actives. Les tableaux de durées d'efficacité d'origine pour les liquides de Type I se sont révélés par trop optimistes (Figure 1). Cette constatation se vérifie dans les valeurs de durées d'efficacité considérablement réduites pour les liquides de Type I à partir de 2001 (Figure 2) (page 32). Par exemple, la durée d'efficacité dans de la neige légère est passée de 15 à 4 minutes. Noter aussi que le décompte pour une durée d'efficacité

commence au début de l'application du liquide, de sorte que le temps disponible pour effectuer le décollage après que le camion de dégivrage s'est retiré est effectivement non existant dans de nombreux cas lorsque l'avion est exposé à des précipitations continues. Il faut tout faire pour accélérer le dégivrage et le départ subséquent de l'avion dans ces conditions. Il convient, par exemple, d'envisager l'utilisation de deux camions de dégivrage par aéronef chaque fois qu'ils sont disponibles et de revoir la capacité de dégivrage moteurs en marche.

Le liquide de Type I offre non seulement une durée de protection très limitée, mais il a aussi tendance

TABLEAU 1

GUIDE DES DURÉES D'EFFICACITÉ DES LIQUIDES DE TYPE I<sup>3</sup> DE LA SAE – HIVER 2007-2008

L'UTILISATION DE CES DONNÉES DEMEURE LA RESPONSABILITÉ DE L'UTILISATEUR.

Température extérieure <sup>5</sup>		Durées d'efficacité approximatives en fonction de diverses conditions météorologiques (minutes)								
Degrés Celsius	Degrés Fahrenheit	Formation de givre	Brouillard verglaçant	Neige ou granules de neige <sup>1</sup>			Bruine verglaçante <sup>4</sup>	Pluie verglaçante légère	Pluie sur aile imprégnée de froid	Autre <sup>2</sup>
				très légère	légère	modérée				
-3 et plus	27 et plus	45	11 – 17	18	11 – 18	6 – 11	9 – 13	4 – 6	2 – 5	
au-dessous de -3 à -6	au-dessous de 27 à 21	45	8 – 13	14	8 – 14	5 – 8	5 – 9	4 – 6	MISE EN GARDE : Il n'y a pas de lignes directrices pour les durées d'efficacité.	
au-dessous de -6 à -10	au-dessous de 21 à 14	45	6 – 10	11	6 – 11	4 – 6	4 – 7	2 – 5		
au-dessous de -10	au-dessous de 14	45	5 – 9	7	4 – 7	2 – 4				

## NOTES

- 1 L'utilisation de ces durées d'efficacité demande que le liquide soit chauffé jusqu'à une température minimale de 60 °C (140 °F) à la buse et qu'une charge minimale de 1 litre/m<sup>2</sup> (2 gal/100 pi<sup>2</sup>) en moyenne soit appliquée aux surfaces dégivrées, SINON LES DURÉES SERONT PLUS COURTES.
- 2 Pour neige abondante, neige roulée, granules de glace, pluie verglaçante modérée et forte, et grêle.
- 3 Le mélange de liquide de type I et d'eau doit être choisi de façon que le point de congélation du mélange soit inférieur à la température extérieure d'au moins 10 °C (18 °F).
- 4 Utiliser les durées d'efficacité de la pluie verglaçante légère, s'il est impossible de déterminer avec certitude qu'il s'agit de bruine verglaçante.
- 5 S'assurer que la plus basse température d'utilisation opérationnelle est respectée.

## MISES EN GARDE :

- La seule durée d'efficacité qui peut servir de critère de prise de décision pour un décollage sans une inspection pré décollage pour la contamination est la durée la plus courte figurant à la case pertinente du tableau.
- La durée de protection sera raccourcie en cas de conditions météorologiques rigoureuses, de fortes précipitations ou de hauts taux d'humidité.
- Un vent violent ou un souffle réacteur élevé peut réduire les durées d'efficacité.
- Les durées d'efficacité peuvent être moindres si la température des surfaces de l'aéronef est inférieure à la température extérieure.
- Les liquides de dégivrage/antigivrage n'offrent aucune protection contre le givrage en vol.

Figure 2 : Exemple d'un tableau de durées d'efficacité publié pour l'hiver 2007-2008. Source : Transports Canada

à geler rapidement. Cette tendance rend la prédiction ou l'observation de la perte d'efficacité du liquide de Type I très difficile. De plus, le liquide de Type I a tendance à adhérer aux surfaces de l'avion dès qu'il gèle. Cette tendance fait contraste avec l'aspect épaissi des liquides d'antigivrage, c'est-à-dire que ces derniers gèlent progressivement de la surface extérieure du liquide jusqu'à la surface de l'avion. Les liquides d'antigivrage sont conçus pour offrir des durées d'efficacité plus longues que les liquides de dégivrage de Type I. Le liquide de Type I devrait être considéré principalement comme un liquide offrant une certaine protection résiduelle seulement contre le givre et des précipitations très légères. De plus amples renseignements se trouvent sur le site web de Transports Canada : [www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisdEfficacite/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisdEfficacite/menu.htm).

Tous les liquides ont une température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT). Cette température est une température en-dessous de laquelle le liquide ne doit pas être utilisé.

Le rapport de dilution doit être dosé soigneusement pour offrir la marge nécessaire avant le gel. Le fabricant du liquide doit être consulté lorsqu'on établit la LOUT, quels que soient le liquide et la dilution.

L'application généreuse d'un liquide est absolument essentielle à un dégivrage sûr et efficace. Une application appropriée du liquide peut seulement être assurée :

- a) avec l'utilisation de l'équipement approprié,
  - b) grâce à une formation approfondie,
  - c) grâce à l'utilisation de méthodes ou de techniques correctes,
  - d) par l'utilisation d'un liquide approuvé en quantité suffisante,
  - e) par le respect de toutes les limites.
- Il est vital que les pilotes prennent soin d'assurer la coordination avec l'équipe

de dégivrage et qu'ils sachent quel est le type de liquide, le rapport de dilution, la température et le moment auquel l'application de liquide commence si des tableaux de durées d'efficacité sont utilisés.

Le document AMS 1424 de la SAE intitulé *Deicing/Anti-Icing Fluid, Aircraft SAE Type I* est la spécification pertinente pour les liquides de Type I de la SAE.

## Perte d'efficacité des liquides

La détermination de la perte d'efficacité des liquides peut relever du défi durant des conditions opérationnelles rigoureuses, surtout si l'éclairage est insuffisant. Transports Canada a financé des essais sur une aile représentative dans un environnement extérieur, qui montrent que la perte d'efficacité des liquides se produira d'abord aux bords d'attaque et aux bords de fuite de l'aile. Ces endroits doivent par conséquent



faire partie de toute inspection visant à vérifier la perte d'efficacité des liquides avant que l'on décide de décoller.

## Liquides d'antigivrage d'aéronef

Un des défis opérationnels les plus importants pendant des chutes de neige, de la bruine verglaçante ou d'autres précipitations givrantes au sol consiste à se rendre au point de décollage avec des ailes qui sont sûres sur le plan aérodynamique pour le décollage. À l'heure actuelle, il n'y a qu'une façon d'y arriver lors de conditions givrantes actives au sol : grâce à l'utilisation appropriée de liquides d'antigivrage.

En 2007, le nombre d'aéronefs des FC admissibles à une application de liquide d'antigivrage a plus que triplé sur les bases des FC, ce qui s'est traduit par la nécessité de réexaminer la capacité des FC.

## Application des liquides

Les liquides d'antigivrage sont appliqués afin de protéger les surfaces critiques d'un aéronef pendant les périodes de précipitations actives, et ils sont habituellement appliqués non chauffés. On peut réaliser cette application au moyen d'un procédé à une étape ou à deux étapes.

## Procédé en deux étapes

Un liquide de Type I est utilisé pour déloger les contaminants gelés des surfaces critiques d'un aéronef, suivi par un liquide de type IV afin de protéger les surfaces. Cette approche est surtout utilisée en Amérique du Nord.

## Procédé à une étape

Un liquide d'antigivrage chauffé est vaporisé sous pression pour déloger les contaminants gelés des surfaces critiques d'un aéronef, suivi par une application normale de liquide d'antigivrage pour protéger les surfaces. Cette approche est plus fréquente en Europe.

## Qualités aérodynamiques

Une fois appliqués à un aéronef, les liquides d'antigivrage ont un effet sur les caractéristiques aérodynamiques des surfaces portantes. Les liquides ont été conçus pour s'écouler par cisaillement de l'aile pendant le décollage pour réduire au minimum les pertes aérodynamiques. Faire s'écouler le liquide par cisaillement nécessite de la vitesse et du temps. Le temps précédant le cabrage et la vitesse au cabrage ont été identifiés comme des facteurs critiques visant à assurer que suffisamment de liquide est évacué à un point qui assure une dégradation aérodynamique non dangereuse (voir page 17).

## Approbation opérationnelle pour l'utilisation des liquides

Il est toujours nécessaire d'évaluer tout liquide qui satisfait à la spécification de la SAE lorsqu'il est utilisé sur un aéronef donné. Les gros avions certifiés dans le civil sont habituellement livrés avec l'approbation du constructeur d'origine relativement à l'utilisation des liquides. Il peut être possible d'évaluer le comportement et les performances d'un aéronef sur lequel sont utilisés des liquides de dégivrage et d'antigivrage sans consulter le constructeur d'origine, mais alors un programme d'essais complets et des données suffisantes seront nécessaires.

Les FC ont récemment mené des essais en vue de l'approbation d'un liquide d'antigivrage de Type II, III et de Type IV pour les flottes des *Hercules* et des *Aurora*. On croit qu'il s'agit de la première approbation de ce type sans la participation du constructeur d'origine.

## Normes sur les liquides

La Society of Automotive Engineers

(SAE) est un organisme qui a établi des spécifications, les pratiques recommandées, et des normes applicables aux liquides de dégivrage et aux liquides d'antigivrage. Ce sont ces documents de la SAE qui décrivent comment un liquide de dégivrage ou d'antigivrage doit être évalué avant qu'il soit approuvé pour utilisation sur un aéronef. Les normes et les spécifications de la SAE pour ces liquides sont devenues *de facto* une mesure internationale.

Le document AMS 1428 de la SAE intitulé *Fluid, Aircraft Deicing/Anti-icing, Non-Newtonian (Pseudoplastic), SAE Types II, III, and IV* est la spécification pertinente pour les liquides de Types II, III et IV.

Les liquides de Type II de la SAE sont incolores ou d'une couleur jaune pâle, tandis que les liquides de Type IV de la SAE sont d'un vert émeraude.

## Liquides de Types II et IV de la SAE

Les liquides de Types II et IV de la SAE sont des liquides épaissis conçus principalement comme liquides d'antigivrage, bien qu'ils puissent être aussi utilisés comme liquides de dégivrage s'ils sont chauffés et appliqués sous pression. Ces liquides offrent des durées de protection plus longues sur une gamme plus large de taux de précipitation et de température, et ils forment une couche épaisse à l'application. En raison



Un Hercules en train d'être dégivré à la 8<sup>e</sup> Escadre de Trenton.



de leur composition physique, la plupart des liquides de Types II et IV nécessitent des buses et des pompes spécialisées, sinon il peut en résulter la destruction des caractéristiques des liquides offrant des durées d'efficacité plus longues. Le liquide de Type IV est plus évolué que le liquide de Type II et il offre des durées de protection plus longues. Le liquide de Type II semble de moins en moins utilisé en Amérique du Nord et il est en train d'être remplacé par le liquide de Type IV comme liquide d'antigivrage appliqué en deux étapes.

### Liquides de Type III de la SAE

Le liquide de Type III de la SAE a récemment été mis sur le marché, mais, en date du début de 2008, sa percée est limitée. Les liquides de Type III sont des liquides épaissis et ils ont été conçus pour servir de liquide d'antigivrage pour les aéronefs dont la vitesse de cabrage au décollage est faible, soit moins de 100 nœuds. Les liquides de Type III ont aussi été mis sur le marché comme solution de rechange possible pour les liquides de Type I, du fait que les liquides de Type III offrent une durée de protection plus longue.

Les liquides de Type III actuels peuvent être appliqués avec l'équipement utilisé pour le liquide de Type I et offrir toujours la protection des durées d'efficacité publiées. Toutefois, il est toujours conseillé de consulter le fabricant du liquide pour s'assurer que l'équipement approprié est utilisé.

Les liquides de Type III de la SAE sont jaune pâle à l'application.

### Manipulation des liquides

Les liquides de dégivrage et d'antigivrage doivent être manipulés avec l'équipement approprié, qu'il s'agisse de transporter le liquide à partir du fabricant, de le déplacer vers des réservoirs de stockage sur place, d'en remplir des camions de dégivrage ou de l'appliquer sur un aéronef. La plus grande partie de l'équipement

et de l'infrastructure utilisés pour la manipulation et le stockage des liquides de dégivrage peut nécessiter une mise à niveau ou un remplacement pour recevoir des liquides d'antigivrage.

L'équipement utilisé pour manipuler et stocker les liquides de dégivrage ne convient généralement pas à la manipulation et au stockage des liquides d'antigivrage. Il faut communiquer avec le fabricant du liquide pour connaître l'équipement approprié pour ces liquides. Il faut porter une attention même aux plus petits composants du système de manipulation des liquides, notamment la tuyauterie et la robinetterie.

Il n'est pas conseillé de pomper le reste de liquide d'un camion dans un réservoir de stockage : il y a risque que le liquide dans le camion ait été contaminé ou autrement altéré. Le remettre dans le réservoir de stockage pourrait contaminer le liquide qui y est déjà stocké.

### Précautions sur l'utilisation des liquides

Les principaux ingrédients des liquides de dégivrage et d'antigivrage sont habituellement de l'éthylène glycol ou du propylène glycol. Pour des raisons de compatibilité, il est prudent d'utiliser des liquides de dégivrage et d'antigivrage provenant de la même famille de glycol lorsqu'on les utilise ensemble dans un procédé en deux étapes. Par exemple, si le dégivrage a été réalisé avec un liquide à base de propylène glycol de Type I de la SAE, il serait souhaitable d'effectuer l'antigivrage en utilisant un liquide d'antigivrage à base de propylène glycol. En outre, il est



Une chariot de liquide et flèche de pulvérisation.

recommandé d'utiliser des liquides du même fabricant et de ne pas mélanger les liquides de fabricants différents.

### Considérations lors de l'utilisation des liquides

#### Température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT)

Les liquides doivent toujours être utilisés à une température égale ou supérieure à leur température minimale d'utilisation opérationnelle.

La LOUT pour un liquide donné est la valeur la plus élevée

1. de la température la plus basse à laquelle le liquide satisfait à l'essai d'acceptabilité aérodynamique pour un type d'aéronef donné; ou
2. du point de congélation réel du liquide, plus une valeur tan-pon de point de congélation de 10 °C pour un liquide de Type I, et de 7 °C pour un liquide de Type II, III ou IV.

#### Exemple :

Un liquide de Type I a satisfait à l'essai d'acceptabilité aérodynamique jusqu'à une température de -45 °C et il présente un point de congélation de -43 °C. La température extérieure est de -39 °C.

**Question :** Est-ce que ce liquide peut être utilisé dans ces circonstances?



**Réponse : NON**, parce que la valeur tampon du point de congélation limite l'utilisation de ce liquide à  $-33^{\circ}\text{C}$ , ce qui est supérieur à la température extérieure.

Il faut toujours consulter les données du fabricant de liquide pour établir la LOUT de ces liquides.

### Durée d'efficacité

Un document de Transports Canada définit la durée d'efficacité de la façon suivante :

*La durée d'efficacité consiste en l'estimation de la période de temps au cours de laquelle le liquide d'antigivrage empêche avec efficacité la formation de givre, de glace, de neige fondante ou d'accumulation de neige sur les surfaces traitées. Cette période va du début de la dernière application du liquide d'antigivrage jusqu'à ce que le produit ne fasse plus effet, tel que mesuré lors des essais de durée d'efficacité et publié dans les lignes directrices sur les durées d'efficacité des liquides. (TP14052 Lignes directrices pour les aéronefs – Lors du givrage au sol)*

Les durées d'efficacité sont des valeurs selon lesquelles un liquide donné, après application, devrait être en mesure de protéger les surfaces critiques d'un aéronef dans des conditions de température, de concentration de liquide et de taux de précipitation entraînant des conditions de givrage au sol spécifiques. Les tableaux de durées d'efficacité (par exemple, Figure 2) sont un résumé des résultats des essais menés sur des liquides SAE approuvés spécifiques dans un environnement contrôlé. Les valeurs des tableaux de durées d'efficacité ne sont pas exactes, mais elles constituent plutôt des estimations du comportement des liquides et varient en fonction du type de liquide.

La capacité d'un liquide donné de prévenir le givre, la glace, la neige mouillée ou la neige d'adhérer aux

surfaces traitées doit être établie par essai. Tout liquide doit subir des essais pour son approbation initiale et être testé de nouveau tous les deux ans pour maintenir son statut d'approbation sur la liste des liquides approuvés de Transports Canada.

Les liquides subissent des essais dans un environnement contrôlé conformément à une procédure acceptée afin que soient établies leurs valeurs de durées d'efficacité spécifiées. Les essais simulent des conditions extérieures sur de vraies ailes; c'est un fait avéré. Les résultats des essais sont réunis, traités et évalués. Les valeurs de durées d'efficacité sont établies conformément au type de précipitation, à l'intensité des précipitations, à la dilution du liquide et à la température. Les valeurs des durées d'efficacité sont publiées sous forme de tableaux par Transports Canada et la FAA et elles sont accessibles sur le web ([www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisdEfficacite/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisdEfficacite/menu.htm)).

Il est intéressant de noter que, au moment de la rédaction du présent article, tous les essais de durées d'efficacité sur les liquides qualifiés par la SAE pour la communauté de l'aviation internationale se font au Canada.

### Limites des durées d'efficacité

L'utilisation des tableaux de durées d'efficacité pour les opérations givrantes au sol des aéronefs nécessite l'observation de certaines limites. Les principales limites sont les suivantes :

#### 1. Type de précipitation

- Les tableaux de durées d'efficacité ne s'appliquent qu'au type de précipitation indiqué sur le tableau.
- Les valeurs des tableaux de durées d'efficacité ne s'appliquent pas aux types de précipitations suivantes : neige forte, granules de glace, grains de neige et pluie verglaçante modérée ou plus forte.

#### 2. Taux de précipitation

- L'essai des liquides n'est mené que jusqu'à l'équivalent d'une chute de neige modérée. Il est fondé sur la teneur en eau liquide équivalente qui, à son tour, correspond à un taux de précipitation spécifique.

#### 3. Température

- Chaque liquide est testé jusqu'à une température qui est considérée le minimum, soit parce que le point de congélation du liquide est atteint, soit parce que la viscosité du liquide commence à influencer de façon inacceptable les caractéristiques aérodynamiques de l'aéronef au cours du décollage. Il y a une LOUT associée à chaque liquide donné et concentration de liquide. Le fabricant du liquide doit être consulté en ce qui a trait à la LOUT.

#### 4. Dilution du liquide

- Du glycol non dilué et de l'eau ordinaire gèlent chacun à une température de  $0^{\circ}\text{C}$  ou voisine de celle-ci. Un mélange de glycol et d'eau donne une solution qui gèle à une température beaucoup plus basse, c'est-à-dire à  $-40^{\circ}\text{C}$  ou plus froid. La concentration du mélange influence aussi la viscosité du liquide.
- La concentration du liquide, le rapport du glycol à l'eau, peut varier considérablement et elle détermine le comportement du liquide. Il y a une LOUT associée à chaque liquide donné et à chaque concentration de liquide. Le fabricant de liquide doit être consulté en ce qui a trait à la LOUT.

#### 5. Liquide approuvé

- Les essais des propriétés chimiques et physiques des liquides sont menés conformément à une spécification de la SAE, laquelle comprend des essais aérodynamiques.

Si le liquide est conforme à la spécification, alors il est approuvé.

- b. Si un liquide n'a pas été évalué et approuvé conformément à la spécification de la SAE, alors les tableaux de durées d'efficacité publiés ne peuvent être utilisés avec ce liquide.
  - c. L'approbation du liquide doit être à jour. On peut le savoir en consultant la liste des liquides approuvés publiée par Transports Canada ou la FAA sur le web.
- 6. Application et couverture du liquide**
- a. Une couverture appropriée du liquide est absolument essentielle à un comportement approprié de ce dernier et à la confirmation des valeurs de durées d'efficacité pour le liquide donné. Il est essentiel que le personnel qui applique le liquide soit bien entraîné, qu'il utilise l'équipement d'application approprié et qu'une technique d'application uniforme soit utilisée. Des quantités suffisantes de liquide doivent être utilisées pour les tâches de dégivrage et d'antigivrage. Pour un liquide de Type IV à base d'éthylène, l'épaisseur de la couche de liquide doit être comprise entre 1 et 3 mm pour les valeurs de durées d'efficacité demeurent pertinentes.
- 7. Approbation du constructeur d'origine**
- a. Les autorités civiles exigent habituellement qu'un liquide approuvé soit aussi sanctionné par le constructeur d'origine, soit Boeing, Airbus, Cessna, Lockheed, Bombardier, etc.
  - b. Cette étape finale assure aux organismes de réglementation civils qu'un liquide opère de façon acceptable sur le matériel d'un constructeur d'origine. C'est particulièrement important sur le plan aérodynamique.

**Nota :** Consulter le document TP14052

de Transports Canada, intitulé *Lignes directrices pour les opérations d'aéronef – Lors du givrage au sol* pour obtenir d'autres renseignements détaillés sur tous les aspects des opérations de dégivrage et d'antigivrage des aéronefs.

### Autres considérations

#### **Séchage et réhydratation du liquide**

On a signalé des incidents de gouverne dont le déplacement avait été entravé en vol et qui ont été attribués au séchage du liquide. Ce phénomène semble être relié aux exploitants qui utilisent des liquides d'antigivrage chauffés pour dégivrer leurs appareils, suivis par l'application d'un liquide d'antigivrage non chauffé visant à protéger l'aéronef, une pratique qui est courante en Europe, mais non en Amérique du Nord. Le liquide d'antigivrage, un liquide épaissi, se ramasse dans des fentes et des espaces autour des gouvernes. Il sèche ou se déshydrate pour prendre la consistance d'une poudre et il demeure dans ces espaces, s'accumulant avec les applications subséquentes de liquide. Lorsque de l'eau liquide est réintroduite dans ce résidu, ce dernier se réhydrate pour former un gel dont les caractéristiques du point de congélation son inconnues. On se retrouve donc avec deux questions fondamentales : le déplacement entravé des gouvernes, une préoccupation particulière pour

les aéronefs dont les gouvernes ne sont pas assistées; et une accumulation sur les surfaces des gouvernes, ce qui modifie la masse de la gouverne et, par conséquent, influence ses caractéristiques en battement.

### Précaution de maintenance

Vaporiser régulièrement un aéronef avec un mélange d'eau et de liquide de Type I chaud, comme dans le procédé en deux étapes, devrait permettre de régler le problème. L'augmentation de la fréquence des inspections est recommandée pour aider à éviter des difficultés en vol attribuables à ce phénomène.

### Conclusion

L'utilisation de liquides pour le dégivrage et l'antigivrage des aéronefs, surtout en période de givrage au sol actif, est une opération très complexe. Cette opération met en jeu une équipe bien entraînée, de bonnes communications, de l'équipement et une infrastructure appropriés, le respect des normes et des spécifications, et le recours aux meilleures pratiques. Toutes ces caractéristiques doivent faire partie d'un programme bien pensé approuvé visant à contrer le givrage au sol. Une vigilance de tous les instants est nécessaire pendant toutes les phases des opérations visant à contrer le givrage au sol des aéronefs, afin que ces derniers puissent se présenter au début de la piste en état de décoller. ♦



Photo : Caporal Eric Jacques

# Givrage au sol des hélicoptères

par Malcolm Imray, P.Eng., ingénieur des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne technique et du soutien technique

Les hélicoptères modernes sont de plus en plus perfectionnés, plusieurs ayant même été certifiés pour le vol dans des conditions givrantes. Cette capacité augmente la prodigieuse polyvalence de ces aéronefs dans les rôles civils et militaires exigeants et les environnements tous temps comme le soutien pétrolier en mer, la recherche et le sauvetage, les opérations maritimes militaires (embarquées) et l'appui tactique. Toutefois, les procédures lors de givrage au sol ont été en majeure partie élaborées pour les aéronefs à voilure fixe, et leur transférabilité aux hélicoptères est limitée. Les dangers auxquels sont exposés les hélicoptères sont semblables à ceux auxquels sont exposés les autres aéronefs, mais ils ne sont pas identiques. Le givrage des hélicoptères leur fait subir une perte de rendement, et la glace qui s'en détache risque d'endommager les rotors ou d'être ingérée par les moteurs. Mais vaporiser les

composants d'un hélicoptère avec du liquide de dégivrage de Type I haute température à une pression élevée peut endommager certains composants critiques et enlever les lubrifiants des roulements. À cause de leurs capacités particulières, les hélicoptères se voient souvent confier des missions et des rôles qui nécessitent de voler dans des régions inhospitalières où existent peu d'installations de soutien (voir la page 53), ce qui rend le problème du givrage au sol encore plus difficile.

Les FC, l'US Army et les organismes civils étudient les technologies et les procédures permettant d'améliorer cet aspect de leurs opérations, et de nouvelles méthodes qui peuvent s'avérer particulièrement utiles pour le milieu des hélicoptères apparaissent (voir la page 58). Malgré leur capacité limitée à ce jour, Transports Canada a publié des conseils dans son TP 10643 intitulé *Dans le doute... Programme de formation pour petits et gros aéronefs* – Formation sur la contamination

des surfaces critiques des aéronefs à l'intention des équipages de conduite et du personnel de piste. Le texte suivant est tiré du chapitre 4 de ce document (avec de légères modifications) pour souligner les dangers, les techniques et les mesures

préventives qui sont particuliers aux hélicoptères.

Le pilote commandant de bord d'un hélicoptère doit se rappeler que la glace empêche l'appareil de donner son rendement maximal. Décoller lorsqu'il y a un peu de glace sur les pales du rotor peut aussi en diminuer grandement la capacité d'autorotation. Voici certains des problèmes propres aux aéronefs à voilure tournante dans des conditions de givrage au sol ou d'autres formes de contamination :

- L'inspection extérieure peut être dangereuse si la personne circule à pied, surtout sur le pont supérieur.
- De la glace sur les loquets des panneaux de visite ou sur les portes de visite peut bloquer l'accès aux zones critiques. Essayer de forcer les loquets peut causer des dommages et entraîner des coûts de réparation élevés.
- Au démarrage, la glace qui se trouve sur les pales du rotor principal ou sur les extrémités de pale et qui est passée inaperçue peut se détacher de manière inégale. La différence de poids et de poussée des pales fait vibrer énormément l'aéronef et empêche les commandes de répondre normalement. L'hélicoptère pourrait alors s'élever brusquement au-dessus de la zone de décollage et basculer, ou le pilote pourrait en perdre la maîtrise pendant le décollage. En outre, la glace peut être projetée avec une force potentiellement destructrice et meurtrière.
- L'appareil peut nécessiter un couple supérieur à la normale



Un soldat de la US Army déneigeant un hélicoptère Apache.  
Source : Richard Branham, spécialiste de l'US Army





Les liquides à base de glycol peuvent endommager les roulements.

Source : US Navy, ERDC-CRREL, C. Ryerson

pour la circulation au sol et le vol stationnaire.

- De la glace accumulée sur le fuselage ou de l'humidité qui s'est accumulée à l'intérieur des structures et s'est transformée en glace peut entraîner un dangereux déplacement du centre de gravité.
- Lorsqu'on met la puissance au décollage, de la glace accumulée sur les patins ou sur les roues peut causer un basculement dynamique si l'hélicoptère ne se libère que d'un côté.
- De la glace accumulée sur des vérins hydrauliques non protégés ou sur les biellettes de changement de pas peut bloquer les commandes sur un ou plusieurs axes et causer une perte de maîtrise de l'aéronef durant le décollage.
- Après le décollage, lorsque l'aéronef se met en vol stationnaire, de la glace accumulée sur le rotor de queue peut entraîner une perte de maîtrise en lacet. De la glace projetée de manière inégale peut aussi causer des dommages à la cellule ou à la fixation de la boîte d'engrenages.
- À faible puissance, de la glace accumulée dans le séparateur de particules peut fondre partiellement et, à haute puissance, la glace fondue peut être projetée dans l'entrée d'air moteur. Cette situation se produit habituellement à faible vitesse au début du vol ou durant la montée lorsque le pilote ne peut pas atterrir.

Dans le cas des aéronefs à voilure tournante, le concept de l'aéronef

propre est facile à comprendre. La solution idéale pour éviter la contamination des surfaces est de remiser l'aéronef dans un hangar lorsque cela est possible. Dans le cas contraire, il faut prendre d'autres types de mesures.

**Nota :** La SAE n'a publié aucun document pour appuyer l'utilisation des liquides cryoscopiques sur les giravions. Les constructeurs de giravions

n'ont pas officiellement approuvé l'utilisation de liquides cryoscopiques et il faut donc les consulter avant d'utiliser de tels liquides sur leurs produits.

### Suggestions de mesures alternatives

- Placer des housses imperméables sur le rotor principal, le rotor de queue et la plate-forme de transmission. Idéalement, les housses protégeront le pare-brise, les circuits Pitot et statique et une bonne partie du fuselage. Poser aussi des obturateurs sur les orifices d'échappement et sur les prises d'air. Installer des housses et des obturateurs à la fin de la journée ou chaque fois que l'aéronef reste au sol, ce qui en assurera la protection en cas de conditions de contamination imprévues.
- Utiliser un réchauffeur à combustion équipé d'un conduit flexible qui projette un jet d'air

chaud suffisamment puissant pour permettre de réchauffer la zone de transmission, les éléments du rotor et le compartiment du moteur, ainsi que pour aider à enlever les housses gelées.

- Examiner le fuselage après avoir enlevé les housses pour s'assurer que de la glace ou de la neige n'est pas tombée sur le fuselage ni dans les entrées d'air moteur.
- Enlever toute contamination qui adhère au fuselage ou à la poutre de queue selon l'une des méthodes décrites précédemment pour les avions, conformément aux recommandations du constructeur.

Nettoyer les patins, les roues et toute partie du train d'atterrissage qui est retenue au sol par de la glace ou de la neige.

Le texte ci-dessus souligne que même si le givrage des giravions comporte de nombreuses similitudes avec le givrage des aéronefs à voilure fixe, il présente de nombreux aspects particuliers qui nécessitent une attention spéciale et, comme toujours, une approche basée sur le travail d'équipe pour y faire face. ♦

Les photos et l'information sont tirées d'une présentation à l'IOSC 2005 de M. Charles Ryerson du Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL) de l'US Army accessible sur le site web de l'IOSC.



Photo : John Olafson

# Équipement et infrastructure pour les opérations en conditions de givrage au sol



par le Capitaine Bernie Castonguay, Opérations de l'escadre, 8<sup>e</sup> Escadre Trenton

**I**l est 3 h 30, et vous êtes à l'extérieur en train de déneiger votre entrée pour être en mesure de vous rendre en voiture au bureau des Opérations de l'escadre où vous devez vous présenter à 4 h. Pendant que vous poussez votre fidèle souffleur dans le gros andain de neige laissé par le chasse-neige, vous vous demandez comment se passeront les choses pour votre départ prévu à 6 h. La piste sera-t-elle nettoyée? Y aura-t-il de la glace? L'avion est-il resté dehors toute la nuit ou a-t-il été garé en toute sécurité dans un hangar? Combien de temps serez-vous retardé à cause de la chute de neige?

Il y a gros à parier que les gens du Service de déneigement et de déglacage ainsi que leur matériel roulant ont été à pied d'œuvre toute la nuit pour faire disparaître toute trace de la plus récente chute de neige. Ils ont à leur disposition tout un arsenal de matériel roulant lourd spécialement conçu pour les opérations sur les aérodromes. Ce matériel comprend des camions équipés de chasse-neige et tirant des balayeuses, des souffleuses, des niveleuses, des épanduses de déglacant chimique et des appareils de contrôle du frottement des pistes.

Un aérodrome opérationnel comprend une très grande surface à nettoyer et à entretenir. Cela étant dit, tout le travail ne peut pas se faire en même temps! Le plan du Service de déneigement et de déglacage précise quelles zones

nettoyer en premier selon une entente intervenue entre toutes les parties intéressées. Ces zones, appelées zones rouges, comprennent habituellement la piste principale, les zones d'alerte, les zones SAR et l'aire de dégivrage locale. Les zones jaunes sont les suivantes et elles comprennent les voies de circulation et les aires de trafic. Toutes les autres zones sont les zones bleues et elles sont nettoyées en dernier.

Vous êtes maintenant au bureau des Opérations de l'escadre. Votre appareil est demeuré à l'extérieur toute la nuit et il nécessite un dégivrage complet. Vous avez vu à de nombreuses reprises déjà les véhicules de dégivrage, mais connaissez-vous leurs capacités? Les camions de dégivrage viennent sous de nombreuses formes, de ceux à nacelle ouverte et distributeur de liquide unique jusqu'à ceux entièrement automatisés, à un seul opérateur et à plusieurs distributeurs de liquide. La plupart des escadres des FC possèdent des véhicules à nacelle fermée, à deux opérateurs et à distributeur d'un seul liquide. Quelques escadres des FC possèdent les plus récents véhicules à deux opérateurs et à distributeurs de deux liquides.

Les liquides pulvérisés par ces véhicules sont de deux types : le liquide de dégivrage d'aéronef de Type I (ADF) et le liquide d'antigivrage d'aéronef de Type IV (AAF). Ces liquides ne sont pas

interchangeables dans les réservoirs ou les systèmes de distribution des véhicules. En effet, le fait de pulvériser du liquide de Type IV au moyen d'une pompe pour Type I va pré-cisailler le liquide et le rendre inutilisable.

Certains de ces véhicules peuvent utiliser de l'air sous pression pour dégager la neige des aéronefs avant l'application du liquide de dégivrage. Le déneigement avant le dégivrage est une pratique prudente. Il peut être effectué n'importe où sur l'aérodrome, puisqu'il n'utilise aucun produit chimique. De plus, il permet de réduire les quantités de liquide de dégivrage utilisées, ce qui minimise les coûts et atténue l'impact sur l'environnement.

Il est important que la flèche des véhicules de dégivrage soit



Photo : Chris Schock, Centre de dégivrage de Toronto

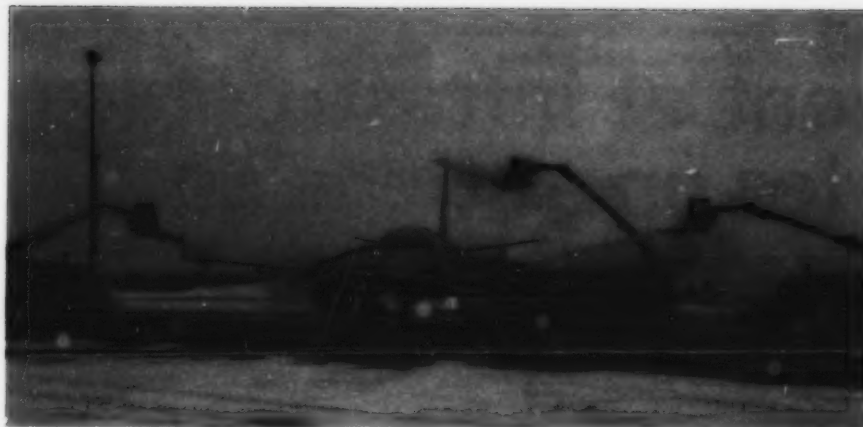


Photo : Caporal Eric Jacques

suffisamment longue pour permettre à l'opérateur de voir toute la surface en train d'être dégivrée. Cette exigence opérationnelle a posé un problème à la 8<sup>e</sup> Escadre Trenton lorsque le CC177 *Globemaster* s'est joint à la flotte des FC. La hauteur de l'empennage atteignant 55 pieds, les véhicules de dégivrage existants des FC ne pouvaient dégivrer le stabilisateur du *Globemaster*. Un entrepreneur civil a été embauché sous contrat pour dégivrer cet avion en plus d'autres appareils des FC et civils qui évoluent à Trenton.

Le dernier mais non moins important élément relatif au dégivrage a trait à l'infrastructure. Comme on l'a déjà dit, le dégivrage entraîne des coûts financiers et environnementaux.

Un système d'air sous pression convient pour la neige légère, mais il ne pourra éliminer le givre, la neige mouillée lourde ni la glace. L'élimination de ces contaminants nécessite l'utilisation de produits chimiques, plus particulièrement de liquide de dégivrage de Type I. La quantité de liquide de Type I utilisée dépend entièrement de la compétence de l'opérateur et de la quantité et du type de précipitation gelée. L'objectif consiste à éliminer la précipitation gelée de l'aéronef, ce qui peut nécessiter une grande quantité de liquide de dégivrage, et la plus grande partie de ce dernier finira sur le sol. Récupérer le plus possible de glycol utilisé, ainsi que des contaminants fondus, est un élément important et nécessaire du processus.

Le choix de l'endroit approprié pour la tâche de dégivrage est aussi très important. Cet endroit ne peut se trouver à proximité de systèmes de drainage à l'air libre ni d'égouts, il ne peut se trouver dans les zones de circulation générale, il doit être accessible à tous les aéronefs utilisant l'aéroport et il doit être situé à une distance sécuritaire des zones de travail générales du personnel. De gros aéroports civils, comme Toronto et Montréal, ont des installations spécialement destinées au

dégivrage, appelées centres de dégivrage. D'autres aéroports utilisent des endroits spécifiques, choisis en fonction des considérations mentionnées précédemment. Quel que soit l'aéroport ou l'endroit choisi sur cet aéroport, la tâche de dégivrage doit faire l'objet d'une bonne réflexion sur la façon de dégivrer, où le faire et à quel moment.

Encore une fois, il est évident qu'une équipe multidisciplinaire de gens entraînés et compétents, utilisant du matériel spécialisé coûteux, est nécessaire pour assurer des opérations sûres lorsqu'il y a des chutes de neige. La coordination de tous ces éléments est le rôle d'un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol. ♦



Photo : AMCSA

# Vue de la nacelle



Photo : Caporal Eric Jacques



Photo : NASA

par M. Kelvin Williamson, Basic Solutions North America Corp.

## Rôle de l'opérateur

Aujourd'hui, l'opérateur de nacelle de dégivrage doit être un spécialiste hautement qualifié. Un savoir-faire technique et de la dextérité sont essentiels à une opération de dégivrage sûre et efficace. On a souvent dit de l'activité des nombreux camions sur une aire de dégivrage qu'elle ressemblait à un *ballet de l'aviation*. Bien faire le travail du premier coup nécessite une pulvérisation impeccable et une routine d'inspection sans fautes. Pour atteindre ce niveau d'excellence, chaque opérateur de nacelle suit un cours théorique en classe et reçoit une formation pratique planifiée en dégivrage. Mais le plus important dans tout ça, c'est que l'opérateur de nacelle est le dernier maillon de la chaîne des services de dégivrage au sol.

La chaîne logistique qui fournit du liquide de dégivrage en quantité suffisante est essentielle aux opérations aériennes et aéroportuaires. Les quantités en stock, le nombre de camions et les procédures d'acceptation des liquides doivent tous être en place avant les opérations hivernales. La qualité des liquides ainsi que l'équipement de mélange et de distribution sont nécessaires pour assurer que les opérateurs de nacelle

disposent de suffisamment de liquide de dégivrage et d'antigivrage pendant les tempêtes hivernales.

Les opérateurs de nacelle doivent tenir compte de nombreuses considérations et de nombreux facteurs lorsqu'ils vaporisent un aéronef. Ces éléments complexes sont enseignés lors de la formation initiale et revus lors de la formation périodique.

## Dégivrage

Des liquides de dégivrage chauffés convenablement sont essentiels à la qualité du dégivrage. La plupart des opérateurs de nacelle vous diront que déneiger et dégivrer sont des opérations difficiles lorsque les températures sont basses. La contamination gelée sur les surfaces des ailes et de l'empennage nécessite un transfert de chaleur important de la part du liquide pour faire fondre le givre et éliminer son adhérence aux surfaces. La température à la buse du liquide de dégivrage de Type 1 se situe entre 60 et 85 degrés Celsius. Un simple capteur de température au laser permet de vérifier la température. La distance entre la buse de dégivrage et la surface de l'aéronef est un facteur important dans l'efficacité du dégivrage, parce qu'il y a une perte de température d'environ 2 °C par pied.

Les zones vaporisées sur un

aéronef comprennent les surfaces aérodynamiques critiques dont il a été question aux pages 8 et 15. Les procédures de dégivrage et d'antigivrage sont normalement exécutées du haut vers le bas, et du bord d'attaque vers le bord de fuite. Les liquides d'antigivrage des Types II, III et IV servent à empêcher les surfaces supérieures de geler de nouveau. Les opérateurs de nacelle commencent normalement par dégivrer le fuselage, puis ils passent aux ailes. La façon de dégivrer les ailes dépend de l'avion, mais il faut toujours vaporiser à partir de la partie la plus haute vers la partie la plus basse. Les extrémités d'aile sont plus basses que les emplantures d'aile sur certains avions, et dans ces cas, il faut dégivrer de l'emplanture vers l'extrémité. Il faut vaporiser l'empennage à partir de la dérive vers le bas, et la partie arrière du fuselage avant le stabilisateur.

D'autres zones nécessitent une attention spéciale. On peut souvent nettoyer les fenêtres du poste de pilotage au moyen d'un chiffon doux ou d'une brosse, mais il est aussi possible d'appliquer du liquide de dégivrage chaud au-dessus des fenêtres et le laisser s'écouler sur ces dernières pour éliminer toute contamination; il faut éviter



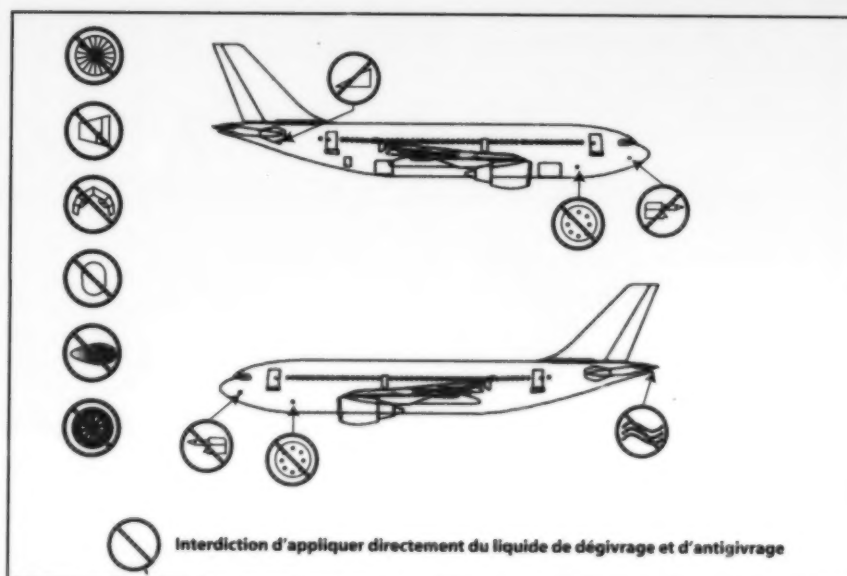
d'appliquer directement du liquide de dégivrage sur les fenêtres, car il risque de les endommager. Les opérateurs de nacelle peuvent dégivrer le radôme après les fenêtres et ils doivent s'assurer qu'il n'y a pas de glace susceptible de se détacher lors du décollage. À cette occasion, c'est le bon moment d'inspecter les prises statiques et les tubes de Pitot pour s'assurer qu'ils sont dégagés; s'ils sont obstrués, il faut les nettoyer par un autre moyen.

L'opérateur de nacelle qui vaporise du liquide doit veiller à éviter les endroits à ne pas vaporiser, montrés aux Figures 1 et 2.

Les entrées d'air des moteurs, les pales de soufflante, le train d'atterrissage et les compartiments de train sont aussi des endroits difficiles à dégivrer. Un dégivrage avant le démarrage peut éviter de graves dommages aux moteurs. On peut généralement nettoyer les entrées d'air avec une brosse ou à la main. Quant aux pales de soufflante et au bas des entrées d'air des moteurs, ils doivent être dégivrés au moyen d'air chaud, de vapeur ou vde tout autre moyen recommandé par le fabricant. Un tuyau enroulé sur dévidoir permet d'effectuer une légère application de liquide de dégivrage sur le train d'atterrissage et les compartiments de train. Les fabricants de cellule et les fabricants de freins insistent sur le fait qu'il ne faut pas vaporiser du liquide de dégivrage directement sur les freins et les roues.

De la poudrerie peut s'accumuler sur les rails des volets, ce qui peut nécessiter un traitement spécial effectué par le dessous avant les procédures de vaporisation normales. La neige et la neige mouillée projetées lors d'un atterrissage précédent peuvent avoir gelé et elles causeront probablement des dommages si elles ne sont pas enlevées.

L'opérateur de nacelle doit enlever le givre, la neige et la glace de



**Figure 1 :** Zones de l'avion Airbus A-310 (p. ex. CC150 Polaris) que les opérateurs de nacelle doivent éviter.

	Ne pas vaporiser dans les ouvertures moteur		Ne pas vaporiser les événements d'entrée d'air ou d'échappement
	Ne pas vaporiser dans les moteurs		Appliquer les liquides de dégivrage à un angle inférieur à 45 degrés
	Ne pas vaporiser de Type IV sur le radôme		Ne pas vaporiser les événements d'avionique
	Ne pas vaporiser le pare-brise et les fenêtres du poste de pilotage		Ne pas vaporiser de liquide sur les freins de l'avion
	Ne pas vaporiser les hublots de la cabine		Ne pas vaporiser dans les entrées d'air de l'APU
	Ne pas vaporiser les tubes de pitot, les sondes de température totale et d'angle d'attaque		Ne pas vaporiser dans l'échappement de l'APU
	Ne pas vaporiser les prises statiques		Ne pas vaporiser les mâts moteurs

**Figure 2 :** Légende des symboles utilisés pour indiquer les endroits à ne pas vaporiser.

nombreuses surfaces de l'avion. Vaporiser ces surfaces peut être compliqué parce que les basses températures, le vent fort et les précipitations intenses influencent le type de vaporisation utilisé par l'opérateur de nacelle, c.-à-d., une vaporisation en éventail pour le givre ou un jet étroit et constant pour creuser et déloger la glace compacte. Il faut prendre un soin particulier lorsqu'on enlève cette glace compacte, car elle peut devenir transparente et nécessiter une inspection tactile (à la main). Un exemple particulier de ce cas est la glace transparente recouvrant une

aile imprégnée de froid, comme à la page 17.

Lorsqu'on vaporise un fort jet de liquide alors qu'on est proche d'un avion, il faut faire attention de ne pas endommager l'appareil. Certaines zones sont particulièrement vulnérables aux dommages, comme les penne, fabriquées de matériaux composites légers. Vaporiser en éventail ou à un angle prononcé aide à réduire les risques de dommages. Des distances minimales sont établies pour les chauffeurs de camions et opérateurs de nacelle : habituellement, un camion se tiendra à au moins 6 pieds de distance.

## Antigivrage

Le processus de dégivrage/ d'antigivrage en deux étapes offre une protection contre les précipitations actives. Des normes internationales précisent que le liquide d'antigivrage des Types II, III et IV doit être appliqué dans les trois minutes suivant le dégivrage d'une surface donnée, ce qui impose des contraintes de temps au travail de l'opérateur de nacelle. Les surfaces représentatives de l'avion doivent être antigivrées en premier; l'opérateur de nacelle doit donc connaître la surface représentative d'un type d'aéronef donné. Appliqués correctement, les liquides d'antigivrage offrent aux pilotes la durée de protection nécessaire pour que l'avion puisse décoller en toute sécurité. Les opérateurs de nacelle consultent habituellement un tableau des quantités minimales et maximales comme celui de la *Figure 3* pour s'assurer qu'ils ont appliqué suffisamment de liquide pour réaliser une couche d'une épaisseur comprise entre 1 et 3 mm.

## Communications et sécurité

Des leçons importantes ont été tirées de mauvaises communications. Que l'opérateur de nacelle conduise un véhicule de dégivrage à un seul occupant et qu'il communique avec l'équipage de l'avion, ou qu'il ait avec lui un chauffeur avec qui communiquer, des procédures de communication doivent être en place pour éviter toute confusion et pour assurer la sécurité des opérations. Une communication directe par casque d'écoute entre l'opérateur de nacelle et le chauffeur réduit le stress et tout risque d'erreur de communication. La nature complexe de ces opérations exige que soient réduites au minimum les communications par signaux manuels. Quels risques d'erreur de communication? Le fait qu'un avion se mette à rouler avant que les opérateurs de nacelle aient dégagé la zone en constitue un exemple flagrant, comme en témoigne l'accident suivant, qui s'est produit à Mirabel en 1995. ♦

TYPE 4 TARGETS				
AIRCRAFT	SINGLE WING	SINGLE WING	SINGLE TAIL	SINGLE TAIL
	MIN LITRES	MAX LITRES	MIN LITRES	MAX LITRES
A300	163	423	34	89
A310	163	423	34	89
A319/20/21	86	209	22	53
A330	198	514	38	99
A340	228	593	47	122
BEA 146	54	131	14	34
Beech 1900	20	48	5	13
B737	64	155	20	49
B727	88	213	25	60
B747	278	723	69	179
B757	97	252	28	73
B767	150	390	38	98
B777	222	577	53	138
CL65/RJ	38	93	6	15
DH7/8	38	92	5	12
Emb135/145	36	87	9	22
Dornier 328	28	68	7	17
F26	56	136	14	34
F100	56	136	14	34
L1011	206	535	51	133
DC9	67	162	18	43
MD 80	77	187	21	51
MD11	237	575	53	137

*Figure 3 : Carte de référence Type (anglais) des quantités cibles pour l'application du liquide d'antigivrage.*

## Accident de Mirabel

Le Boeing 747-400 appartenant à Royal Air Maroc était stationné sur l'aire de dégivrage de l'aéroport international de Montréal/Mirabel (Québec). L'avion se préparait à effectuer un vol régulier entre Mirabel et Casablanca (Maroc) avec une escale à New York (New York). Les quatre réacteurs de l'avion étaient en marche pendant le dégivrage. L'équipage a entendu « dégivrage terminé », et le commandant de bord a demandé au copilote d'informer le contrôleur de l'aire de trafic que l'appareil était prêt à rouler. Des instructions de roulage ont été données. L'avion a avancé et a renversé les deux véhicules de dégivrage qui se trouvaient encore devant les stabilisateurs horizontaux de l'avion. Les deux chauffeurs des véhicules ont été blessés légèrement; les trois occupants des nacelles ont perdu la vie.

Le Bureau a déterminé qu'à la suite d'une confusion dans les communications radio, l'équipage de conduite a fait avancer l'avion avant que la zone autour de l'avion ne soit dégagée. Facteurs contributifs : manque de procédures de dégivrage au sein de Royal Air Maroc; non-respect des procédures par l'équipe de dégivrage des Lignes aériennes Canadien International (LACI); utilisation d'un équipement de communication inadéquat ou inapproprié; formation incomplète du Snowman 1 (premier préposé au dégivrage); cadre réglementaire moins exigeant pour les transporteurs aériens étrangers que pour les transporteurs canadiens; manque de supervision opérationnelle et manque de discipline radiophonique. ♦

# Du parking à la piste

## Décisions du pilote en conditions givrantes au sol

par Malcolm Imray, P.Eng., ingénieur en sciences aéronautiques, et Ken Walper, P.Eng., ingénieur en systèmes mécaniques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

Le scénario suivant illustre le processus de prise de décision que le commandant de bord utilise lorsqu'il planifie un vol dans des conditions givrantes au sol. Les procédures décrites ne sont pas nécessairement celles en vigueur dans les FC, mais elles sont mentionnées pour illustrer le propos. Seules les procédures qui ont été approuvées dans le cadre d'un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol sont autorisées.

*Intercalées en italiques se trouvent des précisions qui décrivent les mesures, l'information et les communications additionnelles qui doivent être présentes pour assurer que l'avion arrive au point de décollage en état d'effectuer un décollage sécuritaire. Un organigramme décisionnel illustrant le scénario décrit dans le présent article est accessible de la NASA dans le cadre de son cours en ligne intitulé « A Pilot's Guide to Ground Icing »<sup>1</sup>.*

### Scénario

La Capitaine Jeanne Unetelle a été assignée comme commandant de bord d'un CC144 Challenger qui doit transporter des dignitaires à une autre base. Le Challenger est un avion à voilure fixe qui bénéficie d'une protection contre le givrage en vol et qui est autorisé à utiliser le liquide de dégivrage d'aéronef de Type I et le liquide d'antigivrage d'aéronef de Type IV. Le Challenger présente un bord d'attaque qui n'a ni fente ni autre dispositif hypersustentateur, ainsi qu'un profil aérodynamique



Photo: Soldat Kimberly Gosse

supercritique. Cette configuration le rend particulièrement vulnérable à de petites quantités de contaminants.

### L'exposé avant vol

#### Conditions météorologiques

Il est 13 h, la température est de  $-12^{\circ}\text{C}$  et il neige légèrement depuis plusieurs heures. Le personnel aéroportuaire travaille avec application pour garder l'aire de trafic, les voies de circulation et les pistes suffisamment dégagées pour permettre que les opérations se poursuivent. Heureusement, en raison du temps froid, la neige est assez sèche. Toutefois, selon les prévisions, la neige devrait continuer à tomber régulièrement au cours des prochaines heures. En raison d'un front chaud qui approche, certains nuages convectifs encastrés pourraient amener de fortes chutes de neige et des précipitations givrantes mixtes au cours des deux prochaines heures. Le givrage en vol qui pourrait se produire sur la route prévue s'inscrit à l'intérieur des capacités de l'avion, si ce n'est du risque de précipitations givrantes à l'aéroport de départ. L'avion n'est pas certifié pour voler dans de la pluie verglaçante. S'il y a de la pluie verglaçante au moment où l'avion est prêt à décoller, il faudra alors retarder le

départ. Les dignitaires devraient arriver dans une heure pour embarquer à bord de l'avion.

### État de l'avion

La Capitaine Unetelle est avisée que l'avion a été stationné à l'extérieur sur l'aire de trafic depuis plusieurs heures maintenant après avoir été sorti du hangar pour laisser la place à un hélicoptère de recherche et de sauvetage (SAR) qui est en attente.

*À ce stade, l'équipage doit s'assurer de connaître les éléments suivants : quels liquides sont utilisés pour la journée; quelles aires de dégivrage sont en service (si on a le choix); le type et l'intensité des précipitations; les considérations sur le contrôle de la circulation aérienne, comme les procédures d'attente à la porte; les conditions météorologiques générales présentes sur la piste en service; les retards approximatifs prévus pour la circulation au sol; le délai d'exécution approximatif sur l'aire de dégivrage; et toute limite d'exploitation spéciale anticipée. Une fois ces renseignements obtenus, l'équipage navigant doit informer le fournisseur de services de dégivrage et d'antigivrage de son intention d'avoir recours à ses services, et il fournit des détails comme le type d'aéronef, les services requis et tout autre renseignement pertinent. Par exemple, si le fournisseur de services ne connaît pas très bien le type d'aéronef, des renseignements plus détaillés, comme les zones à ne pas vaporiser, y compris l'emplacement de l'entrée d'air de l'APU, doivent être aussi fournis.*

<sup>1</sup> [http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses\\_ground.html](http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses_ground.html)

## L'inspection extérieure

*L'inspection extérieure avant vol prend un relief particulier lors de conditions givrantes au sol.*

*Certains des éléments additionnels à évaluer lors d'une vérification extérieure avant vol comprennent la présence de dépôts de contaminants gelés dans les entrées d'air des moteurs, les hélices et casseroles, les prises de pression statique et dynamique, les sorties de secours, le dessus du fuselage des avions dont les moteurs sont montés à l'arrière, la contamination du pare-brise, la surface supérieure du nez ou du radôme se trouvant devant le pare-brise, les espaces entre les gouvernes et la structure de soutien, l'entrée d'air de l'APU et la zone avant, les freins et les roues, le mécanisme de rentrée du train et les trappes, l'orientation du train avant et d'autres points qui sont propres au type d'aéronef. De plus, il sera nécessaire d'évaluer les conditions anticipées pour le roulage, c'est-à-dire neige mouillée, effet du freinage, poudrierie, visibilité et direction du vent, pour n'en nommer que quelques-uns.*

*À cette étape, une évaluation de la situation météorologique générale peut être faite pour permettre d'élaborer un plan stratégique visant à assurer que l'avion arrive à la piste en bon état de vol.*

Le commandant de bord est arrivé sur l'aire de trafic pour inspecter l'avion et constate que, comme prévu, il est recouvert d'une couche de neige. Lors de son inspection extérieure, elle décide de vérifier si la neige adhère aux surfaces. En enlevant un peu de neige de l'extrados d'une aile, elle découvre qu'il y a une couche gelée sous la neige folle et sèche. C'est probablement parce que l'avion a été sorti du hangar dans une chute de neige alors qu'il était encore chaud : à mesure que la neige tombait sur l'avion chaud, elle fondait puis elle a gelé de nouveau à mesure que tout l'avion s'est refroidi à la température ambiante. Cette constatation signifie que le dégivrage sera plus difficile que si de

la neige sèche était tombée sur une surface sèche et froide. Cela signifie aussi que l'utilisation d'un liquide de dégivrage va chauffer de nouveau le revêtement de l'avion, de sorte que la neige qui va tomber dessus va tout simplement se comporter de la même façon. Du liquide d'antigivrage devra être appliqué même si le décollage est effectué dans les conditions actuelles de neige sèche. Afin de réduire au minimum la quantité de liquide de dégivrage qui sera nécessaire pour nettoyer l'avion, la Capitaine Unetelle demande que le personnel au sol utilise des balais pour enlever le plus de neige folle possible. Le commandant de bord et l'équipage terminent les tâches avant vol qui restent et attendent leurs passagers.

La Capitaine Unetelle s'attend à ce que les passagers arrivent bientôt et elle aimerait prendre l'air avant que les nuages convectifs et les précipitations givrantes n'atteignent l'aéroport. Le rapport météorologique horaire et la prévision d'aérodrome donnent tous deux une visibilité de 1 mille dans de la neige légère. En consultant le tableau « visibilité dans la neige en fonction de l'intensité des chutes de neige », la Capitaine Unetelle voit que cette visibilité le jour, dans les températures froides prévalantes, imposerait d'utiliser des conditions de neige « légère » pour déterminer la durée d'efficacité du liquide d'antigivrage (Figure 1, case rouge). Sachant qu'elle utilisera un liquide d'antigivrage de Type IV, elle consulte les tableaux génériques des durées d'efficacité de Type IV<sup>2</sup> et lit que pour la température prévalante et les précipitations, le fait d'utiliser du liquide non dilué placera la durée d'efficacité dans la plage comprise entre 20 et 40 minutes (Figure 2, case rouge). Elle décide

2 Le tableau des durées d'efficacité pour un liquide donné peut indiquer des durées de protection supérieures à celles qui figurent dans le tableau générique des durées d'efficacité. Toutefois, le programme approuvé de lutte contre le givrage au sol pourrait n'autoriser que l'utilisation du tableau générique.



Photo NASA

que dégivrer et antigivrer l'avion immédiatement, plutôt que d'attendre d'abord les passagers, permettra de décoller plus rapidement, pourvu que a) les passagers arrivent à temps et b) les conditions météorologiques ne changent pas d'ici le décollage.

## Avant le roulage

*Pendant qu'il se prépare à rouler, l'équipage devrait considérer les éléments suivants : la qualité du freinage anticipée; le risque de contamination par de la neige mouillée du train d'atterrissage ou des freins, ou des deux; la visibilité pendant le roulage; la force du vent et son effet sur le liquide d'antigivrage; et le chemin préféré pour se rendre à l'aire de dégivrage. L'équipage doit aussi s'assurer qu'il utilise la liste des vérifications appropriée pour le givrage au sol, et, habituellement, de sortir les volets et les bords de bord d'attaque seulement au moment de décoller, et de retarder l'utilisation du chauffage des bords d'attaque au moment où l'avion aura pris l'air si du liquide d'antigivrage a été appliqué. Il faut donc exercer une vigilance accrue parce qu'il pourrait y avoir une interruption dans la routine, ce qui introduit un risque additionnel d'erreur ou d'omission.*

*Il est souhaitable de vaporiser du liquide de dégivrage et du liquide d'antigivrage volets et bords rentrés afin de réduire au minimum l'exposition de leurs mécanismes de manœuvre aux liquides et aux forces de vaporisation. Par contre, si de la contamination est présente sur les volets et les bords à cause d'un givrage en vol antérieur ou parce que de la neige mouillée s'est accumulée lors de l'atterrissage ou du*



Éclairage ambiant	Plage de températures		Visibilité par température neigeuse (en milles terrestres)			
	°C	°F	Forte	Modérée	Légère	Très Légère
Obscurité	-1 et au-dessus	30 et au-dessus	≤1	>1 à 2½	>2½ à 4	>4
	Au-dessous de -1	Au-dessous de 30	≤¾	>¾ à 1½	>1½ à 3	>3
Lumière du jour	-1 et au-dessus	30 et au-dessus	≤½	>½ à 1½	>1½ à 3	>3
	Au-dessous de -1	Au-dessous de 30	≤¾	>¾ à 7/8	>7/8 à 2	>2

Figure 1 : Visibilité dans la neige en fonction de l'intensité des chutes de neige.  
Source : Transports Canada

roulage, alors il faut laisser les volets sortis jusqu'à ce que la contamination ait été éliminée avec du liquide de dégivrage. On rentre alors les volets et les becs pour l'application du liquide d'antigivrage afin de réduire au minimum l'écoulement de liquide avant le décollage.

### Roulage jusqu'à l'aire de dégivrage

Le transfert des communications du contrôle de la circulation aérienne (ATC) au contrôleur des opérations de l'aire de dégivrage (souvent appelé «Iceman») peut être nécessaire, surtout dans les grands aéroports. L'équipage de conduite doit consulter les procédures d'exploitation locales pour connaître les procédures de communication appropriées.

### L'aire de dégivrage

La Capitaine Unetelle et son équipage démarrent les moteurs de l'avion et roulent jusqu'à l'installation de dégivrage. Après avoir communiqué avec Iceman, elle coupe les moteurs principaux<sup>3</sup>, laisse les volets rentrés, mais elle ne coupe pas l'APU. L'équipage surveille la vaporisation du liquide de dégivrage, notant que deux camions de vaporisation sont utilisés : un de chaque côté de l'avion pour que la couverture et la synchronisation soient symétriques. La vaporisation orange de la buse est un « éventail » concentré et, si l'on en juge par la vapeur qui s'élève, elle est de toute évidence très chaude.

3 Le plan approuvé de lutte contre le givrage au sol peut approuver une procédure moteurs en marche.

La vaporisation se fait du dessus du fuselage vers le bas, de l'extrémité d'aile vers l'emplanture, du bord d'attaque au bord de fuite, et les opérateurs prennent soin d'éviter les hublots, les tubes de Pitot et les prises statiques. Toute cette opération se déroule comme prévu, et la Capitaine Unetelle est confiante que cette équipe de toute évidence bien entraînée prendra soin d'éviter de vaporiser l'entrée d'air de l'APU, selon les instructions qu'elle a données à Iceman.

Immédiatement après le dégivrage des ailes, mais avant de passer à l'empennage, on modifie la vaporisation pour la faire passer d'un jet orange fort à un jet vert beaucoup plus doux. Il s'agit du début de l'application du liquide d'antigivrage. L'équipe de dégivrage s'est rendu compte qu'elle ne peut terminer l'application de liquide de dégivrage sur tout l'avion avant d'appliquer le liquide d'antigivrage, sans risquer que la neige qui tombe commence à adhérer aux zones qui sont déjà vaporisées. La Capitaine Unetelle note qu'il est environ 13 h 20 et que le premier endroit sur lequel le liquide d'antigivrage est utilisé est le bord d'attaque intérieur de l'aile. Les équipes finissent alors par appliquer du liquide de dégivrage et du liquide d'antigivrage à l'empennage de l'avion.

Le chef d'équipe procède alors à l'inspection des surfaces critiques et à

Température extérieure		Concentration de liquide type IV liquide pur/eau (Volume %/Volume %)	Durées d'efficacité approximatives en fonction de diverses conditions météorologiques (heures:minutes)						
Degrés Celsius	Degrés Fahrenheit		Formation de givre	Brouillard verglaçant	Neige ou granules de neige	Bruine verglaçante <sup>4</sup>	Pluie verglaçante légère	Pluie sur aile imprégnée de froid	Autre <sup>2</sup>
-3 et plus	27 et plus	100/0	12:00	1:15 – 2:30	0:35 – 1:15	0:40 – 1:10	0:25 – 0:40	0:10 – 0:50	
		75/25	5:00	1:05 – 1:45	0:20 – 0:55	0:35 – 0:50	0:15 – 0:30	0:05 – 0:35	
		50/50	3:00	0:15 – 0:35	0:05 – 0:15	0:10 – 0:20	0:05 – 0:10		
au-dessous de -3 à -14	au-dessous de 27 à 7	100/0	12:00	0:20 – 1:20	0:20 – 0:40	0:20 – 0:45 <sup>3</sup>	0:10 – 0:25 <sup>3</sup>	MISE EN GARDE : Il n'y a pas de lignes directrices pour les durées d'efficacité.	
		75/25	5:00	0:25 – 0:50	0:15 – 0:35	0:15 – 0:30 <sup>3</sup>	0:10 – 0:20		
au-dessous de -14 à -25	au-dessous de 7 à -13	100/0	12:00 <sup>5</sup>	0:15 – 0:40 <sup>5</sup>	0:15 – 0:30 <sup>5</sup>				
au-dessous de -25	au-dessous de -13	100/0	Le liquide de type IV peut être utilisé au-dessous de -25 °C (-13 °F) pourvu que le point de congélation du liquide soit inférieur d'au moins 7 °C (13 °F) à la température extérieure et que les critères aérodynamiques soient respectés. Envisager l'utilisation d'un liquide de type I si l'utilisation d'un liquide de type IV s'avère impossible.						

Figure 2 : Guide générique sur les durées d'efficacité de Type IV. Source : Transports Canada



une vérification tactile pour confirmer l'absence de tout contaminant adhérent. Iceman appelle alors la Capitaine Unetelle avec un rapport en cinq points qui indique a) que l'avion est propre; b) que le liquide d'antigivrage utilisé était de l'UCAR ULTRA+; c) que ce liquide n'était pas dilué; d) que l'application du liquide d'antigivrage a commencé à 13 h 20; et e) que toutes les équipes et le matériel se sont retirés de l'avion, et que le pilote peut démarrer ses moteurs et rouler hors de l'aire de dégivrage après avoir communiqué avec le contrôle au sol.

*Les aires de dégivrage à certains aéroports sont souvent plus occupées que toute autre zone de l'aéroport. D'une certaine façon, l'aire de dégivrage est un endroit où la sécurité est redoublée, mais où des dangers additionnels sont présents. La proximité immédiate d'autres aéronefs, le matériel de dégivrage, le personnel et des obstacles fixes font de l'aire de dégivrage une zone de roulage à haut risque. Les mouvements des aéronefs et des véhicules sur l'aire doivent être soigneusement planifiés et exécutés, sinon il pourrait en résulter de graves blessures ou de graves dommages.*

*Les communications pendant l'exploitation de cette aire doivent être claires et nettes. Il n'y a pas de place pour la confusion ni les erreurs d'interprétation pendant les opérations sur cette aire; de la confusion s'est déjà traduite par de graves dommages au matériel et de graves blessures.*

Lors du retour à l'aire de trafic principale, la Capitaine Unetelle note que l'addition de la première durée figurant dans la plage des durées d'efficacité (20 minutes) à l'heure de début de l'application du liquide d'antigivrage de 13 h 20 signifie qu'elle est confiante de pouvoir décoller en toute sécurité à n'importe quel moment avant 13 h 40, pourvu que les conditions ne changent pas. Le liquide d'antigivrage peut fournir une protection pouvant durer jusqu'à 40 minutes, ou jusqu'à 14 h, mais entre 13 h 40 et 14 h, l'état du liquide

et les surfaces critiques de l'avion devront être évalués par une inspection. Pendant le roulage, elle s'assure également qu'elle conserve une distance supplémentaire derrière les autres avions qui roulent pour que le liquide d'antigivrage de son Challenger ne soit pas altéré.

### **De l'aire de dégivrage à la piste**

*Le roulage de l'aire de dégivrage jusqu'au début de la piste en service peut être assez inquiétant. Selon la visibilité et selon qu'il fasse jour ou nuit, il peut être difficile de conserver une appréciation précise des conditions et de l'intensité des précipitations.*

*La plupart des gros avions n'offrent qu'une vue limitée des ailes et des autres surfaces critiques au commandant de bord. Il peut être nécessaire pour le copilote ou une autre personne entraînée d'aller à l'arrière dans la cabine et de vérifier les ailes par un hublot afin d'établir l'état du liquide. Le commandant de bord peut également disposer d'une surface représentative pour l'aider à juger de l'état de la contamination des surfaces critiques, selon que l'une a été désignée ou non pour l'avion. En cas de doute, il peut être nécessaire de demander à une personne entraînée se trouvant à l'extérieur de l'avion d'inspecter les surfaces critiques avant le décollage, ce qui, dans la plupart des cas, serait difficile à réaliser près d'une piste en service. En cas de doute, revenez à l'aire de dégivrage pour reprendre l'opération.*

*Le guide sur les durées d'efficacité servira au commandant de bord, mais les conditions ambiantes et le moment depuis le début de l'application finale du liquide d'antigivrage nécessitent une étroite attention. La durée d'efficacité devrait pouvoir être ajustée selon l'intensité changeante des précipitations ou une contamination additionnelle causée par le souffle de l'hélice ou le souffle réacteur d'un autre avion qui projette des contaminants gelés de la surface de la voie de circulation sur l'avion. La poudrerie basse est une réelle possibilité et elle*

*peut causer une perte d'efficacité rapide du liquide d'antigivrage. La visibilité et la température peuvent servir à juger de l'intensité des précipitations dans la neige (de jour ou de nuit) selon le tableau de visibilité dans la neige de Transports Canada (Figure 1). Une surveillance étroite de la surface représentative aidera le commandant de bord à repérer une perte d'efficacité de liquide. Si le liquide d'antigivrage passe d'un aspect brillant à un aspect mat, il pourrait y avoir perte d'efficacité du liquide, mais c'est difficile à déceler. L'accumulation de neige plutôt que son absorption par le liquide d'antigivrage peut également être un signal de début de perte d'efficacité du liquide. Par contre, le seul moyen d'en être certain est d'effectuer une inspection tactile pour vérifier s'il y a adhésion de la neige.*

### **Durée d'efficacité**

De retour à l'aire de trafic pour rencontrer les passagers, le commandant de bord note que la porte du hangar a été ouverte et que l'équipage SAR est en train d'effectuer son inspection avant vol et ses préparatifs alors que l'hélicoptère est toujours dans le hangar. De toute évidence, l'équipage est en train de laisser la cellule refroidir avant de sortir l'hélicoptère dans la neige qui tombe. Peu après, l'hélicoptère Cormorant est remorqué hors du hangar avec l'équipage à son bord. Dans les trois minutes suivant le retrait de la barre de remorquage, les pales se mettent à tourner, et le système de protection contre le givrage du rotor est activé, le cas échéant.

Vers 13 h 35, les passagers ont embarqué à bord du Challenger et ont reçu leur exposé de sécurité, mais les chutes de neige se sont intensifiées. Avant de fermer la porte, la Capitaine Unetelle inspecte le bord d'attaque intérieur de l'aile et détermine que le liquide d'antigivrage est toujours efficace. Elle le confirme visuellement et au moyen d'une inspection tactile à main nue, veillant à nettoyer ses mains soigneusement après avoir touché au liquide d'antigivrage. Elle et son



Photo NASA

équipage obtiennent leur autorisation de roulage et en route. Ils reçoivent aussi un rapport météorologique spécial indiquant une réduction de la visibilité de 1 à 1/2 mille et que la température a monté à  $-5^{\circ}\text{C}$  sur une très courte période. Le tableau des visibilité fait correspondre ces renseignements à une chute de neige d'intensité « modérée » (Figure 1, case bleue), mais il n'y a aucun changement dans la durée d'efficacité. Clairement, toutefois, le liquide d'antigivrage ne fournira pas une protection aussi longue que ce qui pouvait être prévu précédemment, et la perte d'efficacité du liquide se produira plus tôt dans la plage des durées d'efficacité. En outre, l'hélicoptère SAR a quitté et a communiqué un rapport de pilote (PIREP) indiquant qu'il avait rencontré des conditions de givrage blanc modéré peu après le décollage, puis au-dessus des températures de congélation, entre 2 000 et 3 200 pieds au-dessus de l'altitude de l'aéroport. La Capitaine Unetelle reconnaît que ce rapport indique l'arrivée imminente d'un front chaud et il est fort probable que des précipitations givrantes commenceront sous peu.

### Décision de décoller

Il est clair que l'avion n'aura pas pris l'air avant 13 h 40 et, par conséquent, le concept de « l'aéronef propre » ne peut être assuré sur la base de la durée d'efficacité à elle seule. Toutefois, on prévoit que le décollage aura lieu assez tôt dans la plage comprise entre les durées d'efficacité minimales et maximales, donc l'équipage décide de rouler vers la piste et effectue une deuxième inspection des surfaces critiques à cinq minutes du décollage. Si le décollage ne se fait pas d'ici 14 h,

l'avion devra être dégivré et antigivré de nouveau parce que les durées d'efficacité auront expiré.

Bien que la piste en service soit très longue et que la procédure normale serait d'effectuer

un décollage à une intersection, l'équipage a décidé de rouler tout le long de la piste vers le seuil de celle-ci en raison de la présence de neige mouillée sur la piste. La présence de neige mouillée signifie qu'il faudra une plus grande distance à l'avion pour accélérer jusqu'à la vitesse de décollage et que l'effet du freinage sera réduit en cas d'interruption du décollage. Ces deux effets sont difficiles à quantifier avec précision sur les tableaux de performance. Par conséquent, utiliser la distance maximale de piste disponible est une mesure prudente<sup>4</sup>.

Malheureusement, trois avions attendent en ligne leur autorisation de décollage sur cette piste. La Capitaine Unetelle garde le *Challenger* loin derrière le troisième avion avec les volets rentrés. L'équipage utilise une liste de vérifications avant décollage dans des conditions de givrage au sol qui comprend de retarder le réglage des volets jusqu'à ce qu'on se trouve en position sur la piste. Pendant ce temps, l'intensité de la chute de neige s'est atténuée quelque peu, et un rapport météorologique spécial communiqué à 13 h 48 indique que la visibilité a augmenté à 2 milles dans de la neige légère. À 13 h 50, la capitaine Unetelle voit que l'avion devant le sien a été autorisé à prendre position pour décoller. Elle estime qu'elle recevra son autorisation de décollage dans les cinq minutes et c'est la dernière occasion d'effectuer une inspection avant décollage. Elle demande et reçoit la permission de laisser un

membre d'équipage sortir de l'avion et effectuer une inspection tactile des surfaces critiques. Après avoir coupé le moteur gauche, le copilote sort de l'avion et répète l'inspection précédente du commandant de bord de la partie intérieure du bord d'attaque de l'aile gauche. À 13 h 51, il remarque que bien que le liquide d'antigivrage semble mat à certains endroits, il n'y a toujours pas de contaminants qui adhèrent à l'aile comme le détermine le toucher à main nue d'une des zones mates.

À 13 h 54, après redémarrage du moteur gauche et assurance que toutes les vérifications avant décollage ont été faites, y compris le réglage des volets en position de décollage, l'avion est prêt mais il ne peut décoller en toute sécurité que s'il reçoit une autorisation immédiate de décoller. La tour lui donne instruction de rouler en position et d'attendre pour le décollage, et elle indique en outre qu'il y aura une attente d'au moins cinq minutes pour permettre à la turbulence de sillage d'un avion qui vient de décoller de se dissiper, suivie de l'arrivée en priorité de l'hélicoptère SAR qui revient avec des blessés à bord. La Capitaine Unetelle décline l'instruction et elle explique que l'avion doit retourner à l'aire de dégivrage. Elle prend cette décision parce que la durée d'efficacité de l'antigivrage est presque expirée et elle ne peut être certaine que le liquide est toujours efficace depuis la dernière inspection tactile.

*Remarquez qu'en aucun cas un avion qui a été antigivré ne peut recevoir une autre couche de liquide d'antigivrage par-dessus la première. Si les durées d'efficacité sont dépassées, les surfaces doivent d'abord être nettoyées au moyen d'un liquide de dégivrage de Type I avant qu'on puisse procéder à une autre application de liquide de Type II, III ou IV.*

À 14 h 15, alors que l'avion se trouve sur l'aire de dégivrage pour une deuxième fois, un rapport météorologique spécial est communiqué indiquant que la visibilité est de 2 milles dans une pluie verglaçante légère. La Capitaine Unetelle a encore d'autres décisions à prendre! Le tableau

<sup>4</sup> Voir *Propos de vol* Numéro 1 2007, page 22: "La neige mouillée sur une piste et ses conséquences sur les performances d'un avion."



générique des durées d'efficacité comprend des indications en cas de pluie verglaçante légère, et ce seront les durées pour cette situation qui seront utilisées par l'équipage de la Capitaine Unetelle (*Figure 2*, case bleue). Toutefois, l'avion n'est pas certifié pour voler dans de la pluie verglaçante. Étant donné que la durée d'efficacité n'est comprise qu'entre 10 et 25 minutes, elle retarde l'application du liquide de dégivrage et du liquide d'antigivrage jusqu'à ce que l'averse localisée de pluie verglaçante s'arrête à 14 h 30. Ensuite, elle roule vers la piste et l'avion décolle en toute sécurité à 14 h 40, bien avant qu'expire la durée d'efficacité minimale pour les conditions prévalantes. Les passagers ont été retardés, mais ils apprécient que le vol se soit déroulé en toute sécurité.

### Conclusion

Tout scénario dans lequel du givrage au sol est présent exige une prise de décision du pilote fondée sur une compréhension approfondie des renseignements disponibles et des limites associées à cette information. La Capitaine Unetelle a pris des décisions prudentes et justifiées de façon à accélérer son départ et à éviter de décoller dans des précipitations givrantes. Finalement, elle a dû reconnaître que compte tenu des incertitudes sur les techniques à sa dispositions, elle ne pouvait être assurée que le décollage se déroulerait en toute sécurité, sauf en acceptant les retards qui ont suivi. L'avion était sans doute toujours sécuritaire, mais il n'y avait aucun moyen de le savoir, si ce n'est en retournant à l'aire de dégivrage. Peut-être que de nouvelles technologies permettront un jour d'aider à faire ces évaluations, mais ce n'est pas encore le cas.

L'expérience dans le civil a montré que l'établissement d'un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol, allié à une stratégie de communication solide, est un des meilleurs moyens de réduire tout risque d'accident causé par du givrage au sol. ♦

## Accident d'un *Challenger* à Birmingham (Angleterre)

### Scénario

Le matin du 4 janvier 2002, un *Challenger* 604 s'est écrasé au décollage à l'aéroport international de Birmingham, au Royaume-Uni. L'avion avait passé la nuit sous le point de congélation sur l'aire de trafic, accumulant sur les ailes une couche de gelée blanche d'une épaisseur estimée à 1 ou 2 mm.

### Communications de l'équipage

Selon le rapport de la direction des enquêtes sur les accidents aériens (AAIB) du R.-U., le commandant de bord s'était informé de la situation auprès du copilote, qui était le pilote aux commandes.

[TRADUCTION]

Commandant : « Y a du givre (inintelligible) sur le bord d'attaque, juste là, vous l'avez vu? »

Copilote : « Hein? »

Commandant : « Avez-vous (inintelligible) ce givre sur le bord d'attaque, les ailes? »

Copilote : « Est-ce que j'y ai touché? »

Commandant : « Ouais, avez-vous vérifié tout ça? »

Copilote : « Ouan »

### Commentaires des enquêteurs

L'AAIB a conclu que la conversation de l'équipage à propos du givrage avait été « inefficace ».

[TRADUCTION] « La conversation sur le givrage amorcée par le commandant de bord n'a pas permis de vider la question ni d'en arriver à une conclusion appropriée, » selon l'AAIB.

Pendant le roulage vers la piste, l'équipage a exécuté la liste des vérifications avant décollage. Dans le compte rendu du rapport de l'AAIB, une fois arrivé à l'élément antigivrage de la liste des vérifications, le pilote aux commandes a annoncé : [TRADUCTION] « Nous allons peut-être en avoir besoin tout juste après le décollage. »

Le rapport de l'AAIB précise : [TRADUCTION] « Cette réponse ne semble refléter qu'une reconnaissance symbolique du problème de dégivrage, comme si l'on pouvait s'en occuper plus tard. »

L'avion n'a pas été dégivré avant de rouler vers la piste pour décoller. Comme l'a noté l'AAIB, tous les autres aéronefs qui avaient été stationnés à l'extérieur pour la nuit à Birmingham et qui devaient effectuer un vol le lendemain matin avaient été dégivrés. Ils ont pu décoller en toute sécurité. Immédiatement après avoir pris l'air, l'avion accidenté est parti brutalement dans un mouvement de roulis sur la gauche et s'est écrasé sur le dos. La durée totale du vol a été d'environ 6 secondes. L'AAIB a supposé que l'avion avait été stationné de telle sorte qu'une aile était exposée au soleil matinal et que l'autre se trouvait toujours à l'ombre, ce qui a causé un dégivrage asymétrique et le décrochage d'une aile. À l'impact, les réservoirs de carburant se sont rompus et l'avion a glissé en feu avant de s'immobiliser. Les cinq personnes à bord ont péri. ♦



# Opérations des FC à partir d'installations commerciales

par le Capitaine Bernie Castonguay, Opérations de l'Escadre, 8<sup>e</sup> Escadre Trenton

C'est l'hiver au Canada, et vous et votre équipage vous apprêtez à quitter votre escadre d'attache pour une mission. Vous vous rendez au bureau des opérations et donnez votre charge en carburant. C'est alors que le mécanicien de bord arrive et vous dit que l'avion est recouvert de givre et qu'il faudra le dégivrer. Vous vous tournez vers l'officier de service et demandez un dégivrage. Un peu plus tard, vous terminez votre planification, effectuez votre exposé à l'équipage et vous préparez à quitter pour la première de deux étapes prévues. Vous arrivez à votre appareil, jetez un coup d'œil rapide autour, sautez dans l'avion et exécutez un départ normal et sûr.

En rapprochement de votre première destination, vous captez l'ATIS et vous apprenez qu'il neige. Vous planifiez et exécutez une approche et un atterrissage normaux dans des conditions qui, vous le savez, seront

difficiles pour le départ subséquent. Stationné en toute sécurité, vous regardez dehors en sachant que non seulement c'est votre première visite à cet aéroport, mais aussi que c'est la première fois que vous devrez vous en remettre à un entrepreneur civil pour le dégivrage dont vous aurez besoin avant de partir. Un coup d'œil rapide dans le supplément de vol vous indique que le service est assuré par le concessionnaire des services aéronautiques à l'aéroport et que ce service est effectué à un endroit donné sur l'aérodrome appelé le centre de dégivrage. Parfait, et après? Comment demandez-vous ce service? Comment vous rendez-vous au centre de dégivrage? Est-ce que le concessionnaire des services aéronautiques sait comment dégivrer votre avion? Ces questions sont toutes justifiées!

Le dégivrage aux aéroports civils est généralement assez simple. Bien sûr, il y a des procédures, et elles se retrouvent plus souvent qu'autrement dans la section des procédures au sol de la publication d'information de vol (FLIP) appropriée. Ces procédures comprennent

les exigences de communication avant démarrage, les voies de roulage, les instructions verbales ou automatiques de guidage au sol, si le dégivrage doit se faire moteurs en marche ou non, et toutes les précautions de sécurité propres à cet aéroport.

Est-ce toute l'information dont vous aurez besoin? Non. Vous devrez connaître les exigences propres à votre appareil et savoir si ces procédures sont compatibles avec les procédures locales. Par exemple, si le centre de dégivrage ne dégivre qu'avec les moteurs en marche, êtes-vous autorisé à procéder ainsi? Un simple coup de fil au concessionnaire des services aéronautiques devrait vous fournir la réponse à toutes vos interrogations. C'est votre jour de chance : l'exploitant a déjà dégivré votre type d'appareil auparavant, et les procédures propres à votre avion sont compatibles avec celles du concessionnaire et du centre de dégivrage.

Vous avez fait le plein et réglé les détails du départ, et vous êtes dans l'avion, prêt à rouler vers le centre de dégivrage. Vous avez déjà appelé le concessionnaire des services aéronautiques pour lui indiquer que vous aviez besoin d'un dégivrage. Le contrôle au sol vous donne des instructions de roulage et vous transfère au contrôleur des aires du centre de dégivrage, qui vous attribue un numéro d'emplacement ou d'aire ainsi que la fréquence à syntoniser pour communiquer



Du personnel coordonne le dégivrage pour vous.



obtenir l'autorisation de rouler et êtes transféré au contrôleur sol. Pendant que vous roulez vers la piste de départ, votre copilote avisé utilise les conditions météorologiques de l'ATIS, les données fournies par le responsable du dégivrage et les *Lignes directrices sur les durées d'efficacité de Transports Canada* pour déterminer la durée d'efficacité applicable. Vous quittez en toute sécurité dans le délai permis.

Le scénario précédent, bien que de nature générique, décrit précisément le

avec le responsable du dégivrage (Iceman). Ce dernier vous dirige vers l'emplacement ou l'aire, vous donne des instructions pour le guidage au sol et l'arrêt, puis il vous demande de l'informer une fois que vos freins sont serrés et que votre avion est prêt pour la pulvérisation. Vous immobilisez l'avion, serrez le frein de stationnement, configurez votre avion conformément à la liste des vérifications des IEA, puis vous faites rapport au responsable du dégivrage.

En regardant par la fenêtre, vous êtes surpris de voir quatre véhicules de dégivrage approcher de votre appareil. Vous vous frottez les yeux : il n'y a pas de chauffeurs! Calmez-vous! Ce centre de dégivrage possède tous les outils modernes pour faire le travail. Des véhicules à grande flèche avec un seul opérateur qui conduit à partir de la nacelle de la flèche sont en mesure de pulvériser le liquide de dégivrage de Type I et le liquide d'antigivrage de Type IV. Il y a aussi de petits véhicules équipés d'applicateurs de liquide de dégivrage qui s'occupent des surfaces de l'avion hors de portée des gros véhicules. Ce sont les outils utilisés

pour assurer que votre avion est débarrassé de tous les contaminants gelés.

Une fois la pulvérisation terminée, les camions se retirent, et le responsable du dégivrage vous lit le rapport après dégivrage. Vous vous empressiez de noter par écrit :

- que votre avion est propre,
- le ou les liquides utilisés,
- le taux de dilution utilisé,
- le moment où a commencé la durée d'efficacité (c.-à-d. le début de l'application finale de liquide),
- que toutes les équipes au sol et le matériel ont dégagé les lieux.

Vous reconfigurez votre appareil, appelez pour

processus qui a lieu aux centres de dégivrage modernes. Posez-vous maintenant la question : *sommes-nous prêts pour cette situation? Avons-nous reçu notre formation annuelle sur le dégivrage? Nos appareils sont-ils certifiés pour recevoir du liquide d'antigivrage?* Si la réponse à la dernière question est non, alors pourquoi envisagez-vous même de voler (selon le scénario ci-dessus) dans des conditions de précipitations verglaçantes réelles? ♦



Photo: NASA

# Opérations hivernales

## Une question de conscience de la situation

par J. T. Horrigan, *Technicité de vol, Air Canada*

**L**e Canada est un leader mondial dans le domaine des opérations aériennes hivernales, ce qui s'explique facilement car, en moyenne, les exploitants canadiens peuvent rencontrer des conditions de givrage au sol neuf mois par année. Pour une équipe de piste, cette situation signifie qu'elle devra effectuer de nombreuses vérifications de givrage et appliquer fréquemment les procédures de dégivrage. Cela signifie également qu'elle devra connaître les procédures locales particulières et être prête à régler les problèmes reliés à la langue de communication et, bien entendu, aux conditions climatiques extrêmes.

Les opérations de dégivrage au sol font appel à des notions de chimie avancées, à des méthodes de gestion des risques complexes et à des modèles de débit d'aérodrome fondés sur des protocoles d'exploitation, des tableaux de durées d'efficacité et des listes de vérifications. Toutefois, c'est l'équipage de conduite qui, en fin de compte, devra décider si l'avion est prêt ou non à décoller, et cela en tenant compte de tous les facteurs qui précèdent. En effet, les conditions météorologiques sont notoirement irrespectueuses des modèles et des procédures d'utilisation normalisées (SOP). Cette décision de l'équipage, comme toutes les autres, reposera sur sa conscience de la situation.

Comme chacun sait, la conscience de la situation est basée sur certains principes fondamentaux. L'information sur le givrage au sol et les procédures de dégivrage pour votre aéronef est tirée de plusieurs documents : le manuel d'exploitation de vol, les instructions d'exploitation d'aéronef, et les tableaux de durées d'efficacité. En plus des

procédures pertinentes, l'équipage doit toujours connaître l'état véritable de l'aéronef, de la première inspection jusqu'à l'arrêt des moteurs. Dans des conditions de givrage au sol, cela signifie qu'il faut bien comprendre ce que l'inspection de dégivrage a permis de constater (surtout si cette inspection a été déléguée), savoir quelles procédures peuvent fonctionner ou non, et surveiller continuellement la situation pour veiller à ce que toutes les mesures soient en place et qu'elles restent efficaces jusqu'au décollage. En raison de la configuration propre à de nombreux appareils, l'équipage de conduite doit souvent s'en remettre à des personnes situées à l'extérieur de l'aéronef qui peuvent utiliser des procédures différentes et même parler une langue différente. Même si les préposés aux manœuvres au sol sont des spécialistes bien formés pour travailler dans des conditions difficiles, ils ne peuvent pas deviner ce que pensent les pilotes. Les procédures sont basées sur les évaluations conjointes de l'équipe au sol et de l'équipage de conduite, c'est pourquoi il est essentiel qu'ils communiquent clairement entre eux. Finalement, la conscience de la situation nécessite que l'équipage soit prêt à tenir compte de situations exceptionnelles. Malgré la nature répétitive des procédures et des protocoles de communication, les humains restent enclins à l'erreur. Il faut veiller à ne pas se laisser endormir par le verbiage propre aux communications normalisées et surtout ne jamais relâcher sa vigilance et considérer le dégivrage comme une opération de routine. L'industrie ne manque pas d'exemples funestes où l'on avait laissé des suppositions se substituer à la connaissance des faits.

Si quelque chose ne semble pas aller, posez des questions.

Deux incidents récents illustrent de quelles façons la conscience de la situation peut être subtilement mise en échec au sol. Dans les deux cas, tout semblait routinier jusqu'après le décollage.

### Premier incident : aile imprégnée de froid et liquide dilué

L'avion est arrivé à une escale européenne après un vol transatlantique, et sa durée d'escale a été assez courte (90 minutes) avant qu'il ne redécolle pour le vol de retour. La température extérieure (OAT) était de  $-3^{\circ}\text{C}$ , et du givre se formait sur les ailes, de sorte que l'équipe de dégivrage s'est préparée à dégivrer l'avion. En se servant de la phraséologie normalisée, l'équipage a demandé un dégivrage de l'avion avec des liquides des Types I et IV, puis il a décollé. En croisière, un membre d'équipage a demandé au commandant de bord (CdB) de regarder l'aile gauche. L'inspection a révélé que l'aile était recouverte d'une mince couche de glace. Les caractéristiques de vol n'ont cependant pas été compromises et, puisque la température à destination était au-dessus du point de congélation, l'approche et l'atterrissage se sont déroulés normalement.

### Qu'est-il arrivé?

À l'insu de l'équipage et du transporteur aérien, le poste de dégivrage en question avait été touché par des restrictions environnementales locales. Par conséquent, il avait modifié le mélange de son liquide de dégivrage de sorte que ce dernier gelaît à  $-10^{\circ}\text{C}$  environ. Également à l'insu de l'équipage, le poste n'utilisait pas du liquide de dégivrage de Type I pour



le dégivrage, mais plutôt du liquide d'antigivrage de Type IV chauffé et dilué. Le poste présumait que ce liquide était fonctionnellement identique au liquide de Type I, mais cette supposition était incorrecte. En outre, le poste ne savait pas que l'avion transportait une charge importante de carburant sur-refroidi ( $-35^{\circ}\text{C}$ ) dans ses réservoirs. La courte durée d'escale a été un facteur supplémentaire puisque la température de l'aile n'est jamais montée au-dessus de  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Au cours du dégivrage, l'équipe au sol a suivi le protocole habituel en s'assurant que les surfaces critiques soient propres avant l'application du liquide d'antigivrage de Type IV et le début de la période d'efficacité. L'équipe au sol n'a pas informé l'équipage de conduite qu'elle avait dégivré l'avion avec du liquide de Type IV dilué qui gèle à  $-10^{\circ}\text{C}$  plutôt qu'avec le liquide de Type I que l'équipage de conduite avait demandé. L'équipe de dégivrage supposait que l'aile était à la même température que l'air ambiant ( $-3^{\circ}\text{C}$ ) et que par conséquent le liquide utilisé présentait une marge d'efficacité suffisante. L'équipe supposait également à tort que le liquide de dégivrage de Type I, qui n'est composé que de glycol et d'eau, était équivalent au liquide d'antigivrage de Type IV, alors que ce dernier contient en plus un polymère. Pendant un dégivrage normal en deux étapes, le liquide de dégivrage de Type I est appliqué pendant la première étape et il est presque complètement chassé par le liquide d'antigivrage de Type IV qui est plus lourd et plus épais, de sorte qu'il ne demeure sur l'aile dégivrée qu'une couche de liquide d'antigivrage de Type IV pleinement efficace. Dans le cas qui nous intéresse, le liquide de Type IV dilué utilisé pendant la

première étape du processus n'a pas été chassé et a donc adhéré à l'aile. La pulvérisation finale de l'avion avec le liquide de Type IV non dilué a laissé une mince couche unie de couleur verte caractéristique sur la surface de l'aile, ce qui a donné à l'équipe de dégivrage une indication visuelle que tout était normal. Toutefois, la mince couche de liquide de Type IV dilué qui était demeurée sur l'aile, dont la température était de  $-20^{\circ}\text{C}$ , a commencé à geler, tout en restant suffisamment souple pour ne pas se fendiller pendant le cabrage au décollage, et elle a été emprisonnée sous la couche limite où elle a gelé complètement une fois en vol de croisière. Dans ce cas, l'équipage croyait que l'avion avait été dégivré avec du liquide de Type I suffisamment concentré pour rester liquide jusqu'à ce qu'il soit remplacé par du liquide de Type IV non dilué.

### Analyse

L'incident en question a commencé par une erreur fondamentale d'infrastructure, à savoir l'utilisation d'un liquide imprévu ayant des caractéristiques imprévues. Cette défaillance fondamentale a donné lieu à une conversation au cours de laquelle chaque groupe utilisait les bons mots, mais en leur accordant des significations différentes. À la suite de cet incident, le transporteur aérien a entrepris de vérifier dans l'ensemble du système les suppositions qui pouvaient être faites dans les postes de dégivrage. Cet incident a également mis en lumière une lacune en regard des lignes directrices actuelles sur les liquides de dégivrage et d'antigivrage. Même si tous les équipages sont avertis des dangers que pose le carburant imprégné de froid, il y a peu de moyens pratiques pour mesurer la température du revêtement et la signaler au fournisseur de services. En outre, la norme internationale concernant l'application de liquides ne fait référence qu'à la température de l'air extérieur (OAT). De nombreux transporteurs aériens participent à un groupe international d'exploitants et de constructeurs dont le mandat est de combler cette lacune. Une fois

disponible, cette nouvelle information permettra aux équipages de conduite de corrélérer la quantité, la distribution et la température du carburant avec les risques d'imprégnation par le froid. Entre-temps, certains exploitants ont exigé de leurs fournisseurs de services de dégivrage qu'ils s'assurent que tout liquide de dégivrage utilisé sur leurs long-courriers possède un point de congélation minimal de  $-30^{\circ}\text{C}$ . Une troisième leçon importante à tirer de l'incident en question est la nécessité de tenir compte des pressions environnementales et financières internationales qui incitent à réduire le plus possible l'utilisation du glycol. L'appui à une utilisation rentable et responsable et à la récupération des liquides de dégivrage et d'antigivrage ne doit toutefois pas se faire au détriment de la sécurité. Chaque exploitant doit préciser la plage de mélanges de liquide acceptable et les quantités à appliquer pour chaque type d'aéronef. Il faut également assurer un suivi actif en cas d'écarts afin de permettre aux membres d'équipage de conduite de fonder leurs décisions reliées au dégivrage en ne tenant compte que de la sécurité de l'aéronef et de ses occupants.

### Deuxième incident : dégivrage incomplet

L'incident en question a commencé avant que l'équipage de conduite n'arrive à l'aéronef pour le premier départ de la journée. La veille au soir, de la pluie verglaçante et de la neige non prévues étaient tombées. Le responsable du dégivrage avait demandé à plusieurs équipes de dégivrage de se présenter quatre heures plus tôt que l'heure normalement prévue pour leur quart de travail. Pour au moins un des membres de ces équipes, cette situation était la continuation d'une succession de quarts de travail où les périodes de congé étaient beaucoup moins fréquentes que prévues. En outre, en raison de problèmes de main-d'œuvre, l'exploitant au sol a décidé d'utiliser un seul camion de dégivrage, alors qu'il en utilisait habituellement deux. Heureusement, les précipitations



avaient cessé, de sorte que si le dégivrage était toujours nécessaire, l'antigivrage ne l'était plus.

Pendant que les pilotes préparaient le décollage, l'équipe de dégivrage est arrivée à l'avion et a commencé à dégivrer l'aile droite. L'équipage a noté que les opérations de dégivrage étaient en cours et a supposé que, conformément aux procédures habituelles, un deuxième camion s'affairait à dégivrer l'aile gauche, puisque personne ne leur avait affirmé le contraire. L'équipage ne pouvait cependant confirmer visuellement cette information, car une passerelle d'embarquement lui obstruait la vue du côté gauche. Lorsque l'équipe de l'unique camion de dégivrage a voulu se rendre du côté gauche de l'avion, elle a constaté qu'un camion-citerne s'y trouvait déjà. Elle a donc décidé de s'éloigner de l'avion pour revenir lorsque le ravitaillement en carburant serait terminé. Elle n'a pas informé l'équipage de conduite de cette décision, alors que ce dernier ne pouvait observer visuellement cette manœuvre.

Lorsque les membres de l'équipe de dégivrage ont été interrogés par la suite, ils ont affirmé qu'ils avaient bien dégivré les deux côtés de l'appareil, mais ils n'étaient pas retournés pour terminer le dégivrage. Avant le refoulement au tracteur, le commandant de bord a communiqué avec le responsable du dégivrage et lui a demandé de lui confirmer que le dégivrage avait été effectué sur les deux côtés. Le responsable a confirmé que c'était bien le cas, mais cette confirmation reposait uniquement sur le fait qu'il avait vu le camion de dégivrage se rendre à l'avion. Aucune inspection du côté gauche n'avait été faite. Pendant ce temps, les agents de bord qui, conformément à leurs SOP, auraient dû normalement faire une vérification visuelle des ailes, ont été distraits par les tâches reliées à l'embarquement et ont omis cette vérification. À cette escale américaine très achalandée, le refoulement et le roulage de départ à l'heure de pointe du matin demandaient toute l'attention de l'équipage de conduite. Étant donné

l'absence de précipitation, il n'était pas nécessaire d'effectuer une vérification de durée d'efficacité ni une inspection supplémentaire de contamination avant le décollage, de sorte que l'équipage n'a pas vérifié visuellement l'état des ailes après le dégivrage. Peu après le décollage, l'équipage a éprouvé de la difficulté à maîtriser l'appareil qui présentait notamment des mouvements de roulis et de lacet anormaux, ainsi que des sollicitations intempestives du pilote automatique. L'équipage est toutefois parvenu à reprendre une maîtrise suffisante de l'avion pour poursuivre son court vol vers sa destination. Une fois l'avion stabilisé en vol de croisière à une altitude beaucoup plus basse que prévue, le CdB est allé dans la cabine et a remarqué que l'aile gauche était fortement contaminée, alors que l'aile droite ne l'était pas.

### **Qu'est-il arrivé?**

Cet incident représente une défaillance multiple typique dans laquelle une série d'erreurs et d'omissions ont mené à l'incident, et ce, bien qu'aucune d'elles ne puisse être considérée comme étant l'unique cause. L'équipage croyait que l'avion avait été dégivré conformément au protocole normal de la compagnie. En fait, le poste de dégivrage s'était écarté de ce protocole en utilisant un seul camion, et les membres de l'équipe de dégivrage ont décidé de leur propre chef de laisser l'avion partiellement dégivré, ce qui est contraire à leurs propres procédures et à celles du transporteur. La phraséologie normalisée utilisée dans les communications avec le responsable du dégivrage au sol a laissé croire qu'une inspection complète de l'avion avait été effectuée, alors qu'il n'y avait eu aucune inspection. Finalement, une autre mesure de protection, c'est-à-dire la vérification des ailes par les agents de bord, a également été omise. En plus de la tension due aux conditions météorologiques à l'escale, les consignes complexes de la compagnie concernant certaines escales, la charge de travail importante chez l'équipage de conduite et la fatigue chez l'exploitant au sol ont été des facteurs contributifs importants dans l'incident en question.



Photo : Caporal Eric Jacques

### **Quel sera le prochain incident?**

Les conditions de givrage au sol surviennent rarement seules. De mauvaises conditions météorologiques, un débit de pointe, l'affectation des équipages et d'autres distractions abondent. Quelle que soit la situation en cours, le système compte sur la capacité des pilotes à évaluer leur situation avec précision et à prendre des décisions éclairées, ce qui signifie connaître la différence entre une opération qui se déroule de façon régulière et très ordonnée, et une opération qui est précipitée et mal coordonnée. Il faut se rappeler que les pilotes ne voient que la pointe de l'iceberg. S'ils sont mal à l'aise avec ce qu'ils voient et entendent, il faut s'attendre à ce qu'ils tiennent compte de ce qui arrive à l'extérieur de l'avion. L'équipe au sol subit-elle également des pressions? Chacun travaille-t-il exclusivement à partir des faits, ou des suppositions ont-elles été utilisées pour hâter l'opération? Lorsque les choses semblent commencer à se précipiter, l'équipage de conduite doit marquer le pas, prendre un instant, et s'assurer que l'image qu'il a de l'avion et de l'opération est précise. C'est cela la conscience de la situation. ♦

*Le présent document est une adaptation d'un article écrit par le Capt J. T. Horrigan, pilote technique, programmes de base, Opérations aériennes/technicité de vol à Air Canada, publié à l'origine dans Flightline, la publication sur la sécurité des pilotes d'Air Canada. L'article a été adapté et imprimé avec la permission des opérations aériennes, sécurité et qualité, d'Air Canada aux seules fins de susciter une prise de conscience de la sécurité. Tous droits réservés.*

# Opérations en régions inhospitalières

par Malcolm Imray, P.Eng., ingénieur en aéronautique, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

Aux aéroports ayant des installations appropriées et du personnel qualifié, il est possible de traiter efficacement le givrage au sol. Par contre, les aéronefs des FC n'évoluent pas toujours dans de tels aéroports. Ils sont fréquemment envoyés dans des régions qualifiées d'« inhospitalières » où des services de dégivrage et d'antigivrage sont tout simplement inexistantes.

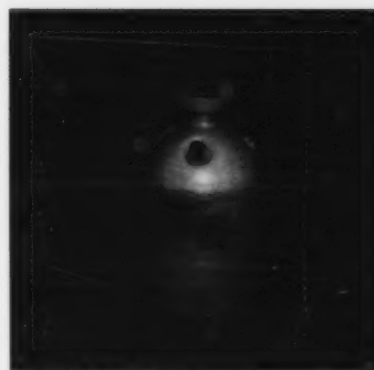
L'article qui suit illustre abondamment cette situation par une mission de recherche et de sauvetage (SAR) effectuée par deux aéronefs tous temps très performants, exploités par les FC. Malgré les performances de ces appareils, leur utilisation ailleurs qu'à leur base dans des conditions givrantes au sol réelles s'est révélée très difficile et elle aurait pu compromettre l'efficacité de la mission. De telles opérations SAR et bien d'autres opérations dans des régions inhospitalières font partie du quotidien

de nos équipages navigants. Le défi consiste à fournir à tout le moins une capacité de dégivrage limitée, mais autonome, lorsque l'aéronef est déployé. Pour ce faire, il s'agit de disposer d'un petit équipement léger approprié qui peut être emporté à bord et utilisé par l'équipage. Cette situation signifie aussi une formation initiale et périodique supplémentaire pour l'équipage afin qu'il puisse utiliser correctement l'équipement et les procédures qui y sont associées.

Parmi les exemples de ce type d'équipement déjà utilisé, il y a les pulvérisateurs et contenants de liquide de dégivrage chauffé destiné aux petits aéronefs (*Figure 1*), des accessoires de dégivrage mécanique, comme des balais, et des dispositifs d'antigivrage, comme des bâches d'aile lorsque l'appareil est remisé.

Les hélicoptères et les avions des FC ainsi que leurs équipages sont polyvalents et axés sur la mission. Ils

se rendent partout où leurs services sont requis par presque n'importe quel temps. Mais pour que la mission soit exécutée efficacement, les outils qui leur sont fournis doivent comprendre des moyens d'évoluer à partir d'endroits inhospitaliers, même en conditions givrantes au sol. ♦



**Figure 1:** Le Ice-Off est un exemple de distributeur de liquide d'antigivrage de Type 1. Il nécessite une alimentation de 120 V c.a. pour chauffer le liquide.

## La troisième chance

par le Sous-lieutenant Chris Cole et le Lieutenant Jazmine Lawrence, Direction de la sécurité des vols

Le 28 février 2005, le Centre conjoint de coordination des opérations de sauvetage (CCCOS) – Halifax a reçu un appel du Bureau de gestion des urgences signalant le retard d'un navire parti de Cape Dorset (Nunavut). Le navire ayant, disaient, quatre chasseurs de morses à bord, n'était pas rentré comme prévu la nuit précédente.

Le CCCOS a confié au CC130 *Hercules* de Greenwood, portant l'indicatif d'appel *Herc Rescue 320* (R320), la mission de répondre à l'appel, et à l'hélicoptère CH149 *Cormorant* de Gander, portant l'indicatif d'appel *Rescue 903* (R903), de se rendre sur les lieux. Plus tard également, *Herc* R313 de Greenwood s'est vu

confier la mission de transporter un équipage de relève pour *Corm* R903.

*Herc* R320 est arrivé sur les lieux et a pu larguer de l'équipement de survie aux chasseurs de morses en détresse sur un floe (plaque de glace flottante). *Herc* R320 est retourné à Iqaluit tôt le matin le 1<sup>er</sup> mars, en temps universel, et

a été remplacé plusieurs heures plus tard par *Herc R313* qui était arrivé de Greenwood. *Corm R903* devait suivre peu après, mais il a dû faire demi-tour à cause de la visibilité extrêmement mauvaise dans de la neige abondante. Il a effectué une deuxième tentative au lever du soleil, mais il est revenu à la base à cause de vibrations en vol dues, pensait-on, à du givre. La certification du *Cormorant* permet le dégivrage à l'aide de plusieurs liquides qui sont généralement disponibles en Europe, mais pas au Canada, et certainement pas dans un endroit aussi inhospitalier qu'Iqaluit. On a trouvé un hangar de F-18 sur un emplacement avancé d'opérations (FOL) local dans lequel on pourrait dégivrer *Corm R903*, mais on s'est vite rendu compte qu'il ne convenait pas. Heureusement, la GRC a fourni son hangar et *Corm R903* y a été placé.

Entre-temps, *Herc R313* est revenu pour être ravitaillé en carburant, mais il n'a pu décoller, ni *Herc R320* d'ailleurs, à cause des précipitations en cours. La certification du *Hercules* permet

le dégivrage à l'aide du liquide de Type I. Il y avait de ce liquide à Iqaluit, mais il n'aurait pas fourni une durée d'efficacité adéquate à cause des précipitations et des conditions givrantes : la neige tombait et gelait sur le fuselage et les ailes trop rapidement pour être enlevée par le liquide de dégivrage de Type I.

Deux autres *Cormorant* de Greenwood ainsi qu'un *Griffon* de Goose Bay se sont vus confier la mission de se rendre sur les lieux. Le premier *Cormorant* a été incapable de décoller de Greenwood à cause des conditions météorologiques à cet endroit, et les deux autres appareils ont par la suite été relevés de leur mission lorsque *Corm R903* a finalement pu se rendre sur les lieux du sauvetage à la troisième tentative. Dans le hangar, *Corm R903* s'était dégivré de manière acceptable, et il a effectué le sauvetage sans couverture des *Hercules*, sans communications avec le CCCOS, et il a franchi les 200 nm d'océan qui le séparait des lieux du sauvetage. Il est revenu à

Cape Dorset avec les quatre chasseurs qui étaient restés sur le floe pendant plus de 30 heures.

Les multiples problèmes de givrage au sol ne constituaient qu'une partie des nombreux problèmes fâcheux rencontrés pendant cette mission SAR, mais ils étaient importants. Heureusement, les chasseurs de morses étaient sains et saufs lorsqu'ils ont été secourus. Toutefois, si une telle situation se reproduisait dans une opération de sauvetage, des revers comme ceux-là pourraient avoir des conséquences beaucoup plus graves. Des mesures doivent être prises de façon que si des unités SAR sont de nouveau appelées à un endroit aussi inhospitalier qu'Iqaluit, les problèmes de dégivrage n'entraveront pas l'efficacité opérationnelle et le succès de la mission. Déjà au début de 2008, les *Hercules* avaient subi les essais de certification visant l'utilisation du liquide antigivrage de Type IV et attendaient l'approbation officielle. De même, le *Cormorant* subissait des essais de certification visant

l'utilisation du liquide de dégivrage de Type I. Un ensemble portatif comme celui utilisé pour le *Twin Otter* peut également être très prometteur pour le *Cormorant* dans les endroits éloignés où il doit souvent se rendre. ♦



Le présent article est un bref résumé d'un rapport SAR et des préoccupations ultérieures de dégivrage qui ont été présentés au Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (IOSC) en 2006. La présentation est accessible sur le site Web de l'IOSC du RED à <http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/Icing.html>, sous 2006 IOSC Presentations.

# Formation à l'intention du personnel au sol et des équipages de conduite

par Malcolm Imray, P.Eng., ingénieur en sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne  
et du soutien technique

## La nécessité de la formation

Les articles de la présente publication soulignent combien il est difficile d'appliquer efficacement le programme approuvé de lutte contre le givrage au sol. Seuls les efforts concertés d'une équipe de spécialistes permettent d'obtenir un résultat concluant. Chaque membre de l'équipe a donc un rôle important à jouer pour s'assurer que l'aéronef décollera sans incident en conditions de givrage. Le commandant de bord a l'ultime responsabilité de s'assurer que l'aéronef peut partir en toute sécurité, mais, comme l'a précisé le juge Moshansky dans le rapport de la *Commission d'enquête sur l'écrasement d'un avion d'Air Ontario à Dryden*, quiconque participe à la mise en œuvre de l'appareil a l'obligation d'informer les pilotes de tout danger dont il a connaissance, les pilotes ne pouvant pas gérer seuls les multiples aspects des opérations préalables au décollage. Il n'en est pas moins vrai que le personnel au sol ne peut pas préparer l'aéronef à un vol sans incident s'il n'est pas au courant des attentes de l'équipage. Quant aux contrôleurs de la circulation aérienne, ils sont tenus de gérer au mieux les mouvements d'aéronefs afin d'exploiter les installations de dégivrage au sol de la manière la plus judicieuse qui soit.

Tous les articles contenus dans cette publication ont mis l'accent sur la nécessité d'accomplir un travail

d'équipe. Chaque membre de l'équipe chargée des opérations de dégivrage au sol doit recevoir une formation initiale qui lui permettra de bien comprendre son rôle au sein de l'équipe, d'être compétent et qualifié pour exécuter les tâches qui lui sont confiées, de connaître les dangers liés à chaque tâche et de savoir comment accomplir son travail *en toute sécurité*. La formation initiale devra être complétée et mise à jour au moyen d'une formation périodique annuelle.

En plus d'énoncer les exigences que doit contenir un programme de formation sur le programme approuvé de lutte contre le givrage au sol, le présent article précise qui doit suivre la formation et ce que doit comprendre le programme de formation. L'auteur s'est inspiré des programmes décrits dans des documents produits par Transports Canada, la NASA et l'Association of European Airlines (AEA).

## Personnel au sol

### Formation générale

En plus de connaître parfaitement l'ensemble du processus de dégivrage au sol, le personnel de piste doit recevoir une formation spécifique. Étant donné que les opérations de dégivrage supposent l'emploi de liquides et d'équipements spéciaux, il est primordial que le personnel suive une formation appropriée afin d'apprendre à utiliser le matériel et à manipuler les produits chimiques, et

ce, afin d'assurer sa propre sécurité et l'intégrité de l'aéronef qu'il dégivre. Le personnel au sol doit aussi porter un équipement de protection individuel (EPI); il doit apprendre à s'en servir et savoir comment réagir en cas d'exposition à des matières dangereuses. Autrement dit, il faut veiller à ce que la formation sur le système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) englobe l'étude des fiches signalétiques de sécurité produit appropriées (FS) ainsi qu'un cours sur l'EPI. La formation obligatoire doit également enseigner au personnel au sol les procédures à appliquer pour réceptionner, stocker, mélanger, chauffer, pulvériser et récupérer les liquides de dégivrage. Elle doit enfin traiter de l'utilisation des réfractomètres, des sondes de température, des pompes et des autres matériels auxiliaires, ainsi que des exigences relatives à la consignation de toutes les tâches mentionnées afin de garantir la qualité du processus au complet.

### Le responsable du dégivrage « Iceman » et les pulvérisateurs

Les personnes qui travaillent autour de l'aéronef pendant les opérations de dégivrage au sol doivent suivre une formation spécialisée complémentaire sur la façon d'utiliser leur équipement. Cette formation doit présenter les zones d'application interdites - générales et spécifiques à chaque aéronef - la séquence de pulvérisation,



la façon d'utiliser le matériel, les procédures de communications et l'EPI (utilisation du harnais de sécurité par exemple). Certaines personnes suivront également une formation consacrée à l'inspection des surfaces critiques. Enfin, le chef d'équipage et le coordonnateur du poste de dégivrage (responsable du dégivrage ou « Iceman ») suivront un cours axé sur les responsabilités complémentaires qui leur incombent (page 41).

## **Équipages de conduite**

### **Formation générale**

L'équipage de conduite de l'aéronef doit connaître toutes les étapes de la procédure de dégivrage au sol, et ce, afin de bien comprendre le rôle et les responsabilités du personnel au sol pour pouvoir se fier à ses compétences. Fort de ces connaissances, il sera également en mesure d'évaluer les services fournis par le personnel au sol des différents aéroports et terrains sur lesquels il se posera. Il est particulièrement important que l'équipage de conduite de l'aéronef suive une formation initiale et de perfectionnement afin de prendre pleinement conscience de l'efficacité et des répercussions sur la sécurité du vol des opérations de dégivrage au sol. La formation lui permettra également de comprendre, dans les grandes lignes, les propriétés chimiques et physiques des liquides

de dégivrage et d'antigivrage ainsi que leurs techniques d'application, en plus de se familiariser avec les tableaux des durées d'efficacité.

### **Formation spécifique**

Outre la formation générale, l'équipage de conduite doit prendre part à une formation spécialisée portant sur les différents types d'aéronef. Cette formation complémentaire lui permettra de connaître les limites d'utilisation de chaque aéronef ainsi que ses surfaces critiques, les zones sur lesquelles il est interdit de pulvériser des liquides de dégivrage ou d'antigivrage, les surfaces représentatives, les procédures de liste de vérifications modifiées, les procédures de communications avec le personnel chargé du dégivrage/antigivrage, et toutes les performances propres aux opérations sur piste mouillée et détrempée par la neige (voir la page 28).

### **Contrôleurs de la circulation aérienne**

Il est impératif que les contrôleurs de la circulation aérienne suivent aussi une formation afin de mieux cerner les procédures de lutte contre le givrage au sol. Ils seront ainsi plus à même de satisfaire aux demandes des pilotes qui souhaitent effectuer une inspection juste avant le décollage, de proposer des itinéraires de circulation adaptées

en vue de réduire au minimum les effets du sillage de l'hélice ou du souffle des réacteurs entre les aéronefs, de synchroniser les départs, les arrivées et les autorisations, ou encore de coordonner le contrôle sol avec le responsable du dégivrage. Une gestion du temps optimale est un facteur essentiel qui peut faire toute la différence entre un décollage sans incident et un retour au poste de dégivrage.

### **Résumé**

Il ne fait aucun doute que la mise en place d'un programme de formation signifie des efforts soutenus et un perfectionnement continu, afin d'intégrer tout nouveau changement. Il est indispensable de procéder à des mises à niveau annuelles afin de tenir compte des procédures nouvelles ou modifiées et des enseignements tirés, ou encore de rafraîchir les connaissances du personnel après la période estivale. C'est précisément dans cette optique qu'a été élaborée la liste de références présentée ci-dessous. Il est possible de remanier ce tableau afin de mieux répondre aux besoins des organismes qui désirent élaborer leur propre programme de formation et s'inspirer de l'expérience et du savoir d'un large éventail de spécialistes chevronnés. La formation est la pierre angulaire d'un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol efficace. ♦



Photo : Sergeant Bill McLeod

# Références et ressources d'entraînement

#	RÉFÉRENCE	CONTENU	LIEN OU SOURCE
1	Site Web du Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (IOSC) des Forces canadiennes	Présentation complète des activités et réunions de l'IOSC, y compris une liste exhaustive des présentations et des documents de référence classés par domaine (téléchargeables pour la plupart). Le site est accessible depuis le RED.	<a href="http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/Icing.html">http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/Icing.html</a> Accessible depuis le site Web de la I DAC en sélectionnant « IOSC » dans l'index.
2	Document TP 14052 de Transports Canada : <i>Lignes directrices pour les aéronefs – Lors de givrage au sol</i>	Document d'orientation réglementaire présentant tous les aspects des opérations de dégivrage au sol visant les aéronefs de l'Aviation civile canadienne, ainsi que de nombreuses références et un glossaire.	<a href="http://www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisdEfficacite/menu.htm">www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisdEfficacite/menu.htm</a>
3	Document TP 10643E de Transports Canada : <i>Dans le doute... Programme de formation pour petits et gros aéronefs – Formation sur la contamination des surfaces critiques des aéronefs à l'intention des équipages de conduite et du personnel de piste</i>	Document de formation comportant des renvois aux règlements de l'aviation civile. Le document constitue une trousse de formation complète, laquelle comprend, en outre, des questions d'examen. Il est vivement conseillé de s'en inspirer.	<a href="http://www.tc.gc.ca/aviationcivile/generale/examens/guides/tp10643/menu.htm">www.tc.gc.ca/aviationcivile/generale/examens/guides/tp10643/menu.htm</a>
4	Advisory Circulars (AC) de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis, et autres documents traitant des opérations de dégivrage au sol.	Documents incluant des directives sur la mise sur pied d'un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol pour la FAA. Parmi les circulaires d'information (AC) pertinentes, on compte la FAA AC 20-117 <i>Hazards following ground deicing and ground operations in conditions conducive to aircraft icing</i> , et la FAA AC 120-60A <i>Ground deicing and anti-icing program</i> .	<a href="http://www.faa.gov">www.faa.gov</a> Sur la page d'accueil du site, l'internaute doit repérer la rubrique « Regulations and Guidelines », cliquer sur « Advisory Circulars », puis saisir le numéro de la circulaire recherchée dans la page de recherche qui s'affiche.
5	Recueil de documents de la Society of Automotive Engineers (SAE) des États-Unis portant sur tous les aspects des opérations de dégivrage au sol, ainsi que sur le matériel utilisé, les procédures appliquées et les essais.	Ces documents, qui sont reconnus à l'échelle internationale dans le domaine aérospatial, incluent les Aerospace Material Standards (AMS) et les Aerospace Specifications and Recommended Practices (ARP) applicables aux opérations de dégivrage au sol. Parmi les textes à consulter figurent le ARP 4737 <i>Aircraft deicing/anti-icing methods</i> et le ARP 5149 <i>Training Program Guidelines For De-icing/Anti-Icing Of Aircraft On The Ground</i> . Ces documents sont proposés à la vente uniquement.	<a href="http://www.sae.org/technical/standards/aerospace/DEICE">www.sae.org/technical/standards/aerospace/DEICE</a>
6	Documents de l'Association of European Airlines (AEA). Les deux documents traitant du dégivrage sont <i>Recommendation for Deicing/Anti-Icing of Aircraft on the Ground</i> et <i>Training Recommendations and Background Information for Deicing/Anti-Icing of Aircraft on the Ground</i> .	Ces documents, fortement recommandés, traitent le sujet du dégivrage en profondeur, en plus de proposer des liens vers d'autres sites et documents de référence. Le lecteur y trouvera notamment des exemples de programmes de formation et d'assurance de la qualité.	<a href="http://www.aea.be/press/publications/index.html">www.aea.be/press/publications/index.html</a> <a href="http://files.aea.be/Downloads/AEA_Deicing_v22.pdf">http://files.aea.be/Downloads/AEA_Deicing_v22.pdf</a> <a href="http://files.aea.be/Downloads/AEA_TrainingMan_Ed4.pdf">http://files.aea.be/Downloads/AEA_TrainingMan_Ed4.pdf</a>
7	Document de la United States Air Force (USAF) TO 42C-1-2, intitulé <i>Anti-Icing, Deicing, and Defrosting of Parked Aircraft</i> , en date du 11 mai 2007	Ce document présente, de manière exhaustive, les procédures appliquées par les militaires américains pour exploiter les aéronefs en conditions de givrage au sol. Il s'agit d'un document contrôlé qui peut être mis à la disposition des personnes autorisées, sur demande.	Il est possible de télécharger, en guise de référence, un exemplaire non contrôlé de ce document sur le site Web de l'IOSC (voir la référence n°1).
8	Cours de formation en ligne de la NASA intitulé <i>A Pilot's Guide to Ground Icing</i>	Site Web interactif élaboré par la NASA à l'intention du personnel chargé des opérations de dégivrage au sol. L'agencement des vidéos, des questionnaires et des commentaires est très judicieux. La NASA autorise la copie et le téléchargement illimité pour un usage personnel. Malgré l'intitulé du site, il importe de préciser que le contenu s'adresse à l'ensemble du personnel au sol, et pas seulement aux pilotes. Il faut prévoir quelques heures pour suivre le cours au complet.	<a href="http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses_ground.html">http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses_ground.html</a>
9	Cours de formation sur le givrage au sol des FC élaboré par l'Équipe d'évaluation et de normalisation du transport et du sauvetage (EENTS).	L'EENTS a mis à jour ce cours spécialement pour la saison hivernale 2007-2008. Accessible sur le RED seulement.	<a href="http://trenton.mil.ca/Lodger/TRSET/General.htm">http://trenton.mil.ca/Lodger/TRSET/General.htm</a> Faire defiler vers le bas pour trouver le lien « Ground Icing Course »

# Nouvelles technologies

par Alan White, P.Eng., chef d'équipe des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

**L**e givrage des aéronefs, tant au sol qu'en vol, demeure un domaine nécessitant une activité poussée de recherche et de développement. Du nouveau matériel et de nouvelles procédures sont en train d'être élaborés, et les normes et les exigences réglementaires nécessaires à leur mise en œuvre doivent évoluer graduellement. Le présent article donne un aperçu de certaines réalisations et tendances propres au givrage au sol qui ont été évoquées lors de la conférence sur le givrage des moteurs et des aéronefs de la SAE, tenue à Séville, en Espagne, en septembre 2007.

## Pressions visant à réduire le recours au glycol

Les préoccupations environnementales relatives à l'effet du glycol sur la vie aquatique et les eaux souterraines prennent de plus en plus d'ampleur. Les aéroports doivent composer avec des règlements de plus en plus exigeants sur le confinement et la récupération des liquides. Par exemple, les fossés construits pour le drainage à Trenton sont maintenant désignés écosystème protégé. Les efforts de confinement ont généralement porté sur l'utilisation de centres de dégivrage ou d'aires de dégivrage désignées dont les ouvrages de drainage sont construits soigneusement. Ces mesures, alliées à des véhicules de récupération spécialisés, permettent assez bien de

récupérer les liquides de dégivrage qui s'écoulent rapidement d'un aéronef, mais elles ne permettent pas de récupérer les liquides d'antigivrage qui s'écoulent des surfaces d'un aéronef sur la piste pendant la course au décollage. De plus, la récupération des liquides est coûteuse. Il est généralement accepté que le coût de la récupération corresponde habituellement à trois ou quatre fois le coût d'achat; il y a donc un incitatif important à réduire la quantité de liquide utilisé.

Le principal moyen de réduire la quantité de liquide utilisé consiste à le diluer avec de l'eau. Les centres de dégivrage à Montréal et à Toronto ont réduit progressivement la quantité moyenne de liquide nécessaire au dégivrage d'un aéronef en augmentant la dilution. La plus grande dilution possible est limitée par la température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT) du liquide dilué ainsi que la température au moment de l'application. La plupart des solutions sont réalisées à partir d'une sélection de liquides pré-mélangés selon divers taux de dilution, mais le centre de dégivrage à Montréal (Trudeau) a commencé à utiliser un mélange proportionné au distributeur lors de l'hiver 2006-2007. Il y a aussi bien évidemment des avantages logistiques et environnementaux à expédier les liquides au centre de dégivrage de l'aéroport sous forme non diluée.

De l'air forcé a également été utilisé à divers endroits, principalement pour souffler le gros de toute accumulation de neige avant de pulvériser du liquide de dégivrage chaud. Éliminer la neige mouillée avec du liquide de dégivrage nécessite de grandes quantités de liquide; voilà pourquoi un nettoyage mécanique peut permettre de réaliser de grandes économies. L'air forcé peut aussi aider à appliquer une couche de liquide d'antigivrage sur une aile dégivrée. Dans ce cas, le film d'air est dirigé sous la pulvérisation du liquide d'antigivrage de manière que le liquide soit transporté plus loin sur l'aile par l'air et déposé doucement, ce qui réduit au minimum l'égouttement.

## Y a-t-il des liquides de remplacement pour le glycol?

Au cours des dernières années, des efforts considérables ont été déployés pour mettre au point des « liquides verts » ne contenant aucun glycol. Certains liquides de dégivrage sans glycol ont été testés et ils se sont révélés conformes à la norme AMS 1424 de la SAE (voir page XX), mais ils présentaient d'autres caractéristiques qui les rendaient impropres à l'utilisation. Un des liquides avait tendance à mousser, ce qui rendait difficile de déceler tout givrage, et un autre laissait des résidus collants inacceptables. Le liquide EcoFlow d'Octagon a reçu l'approbation de la SAE en 2007 et il présente une formulation hybride contenant une quantité réduite de glycol combinée à d'autres additifs antigels.

## Dégivrage à l'infrarouge

Radiant Aviation Services Inc. a construit plusieurs installations de dégivrage à l'infrarouge InfraTek® et elle a reçu l'approbation de la FAA

# Nouvelles technologies

par Alan White, P.Eng., chef d'équipe des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

**L**e givrage des aéronefs, tant au sol qu'en vol, demeure un domaine nécessitant une activité poussée de recherche et de développement. Du nouveau matériel et de nouvelles procédures sont en train d'être élaborés, et les normes et les exigences réglementaires nécessaires à leur mise en œuvre doivent évoluer graduellement. Le présent article donne un aperçu de certaines réalisations et tendances propres au givrage au sol qui ont été évoquées lors de la conférence sur le givrage des moteurs et des aéronefs de la SAE, tenue à Séville, en Espagne, en septembre 2007.

## Pressions visant à réduire le recours au glycol

Les préoccupations environnementales relatives à l'effet du glycol sur la vie aquatique et les eaux souterraines prennent de plus en plus d'ampleur. Les aéroports doivent composer avec des règlements de plus en plus exigeants sur le confinement et la récupération des liquides. Par exemple, les fossés construits pour le drainage à Trenton sont maintenant désignés écosystème protégé. Les efforts de confinement ont généralement porté sur l'utilisation de centres de dégivrage ou d'aires de dégivrage désignées dont les ouvrages de drainage sont construits séparément. Ces mesures

récupèrent les liquides de dégivrage qui s'écoulent rapidement d'un aéronef, mais elles ne permettent pas de récupérer les liquides d'antigivrage qui s'écoulent des surfaces d'un aéronef sur la piste pendant la course au décollage. De plus, la récupération des liquides est coûteuse. Il est généralement accepté que le coût de la récupération correspond habituellement à trois ou quatre fois le coût d'achat; il y a donc un incitatif important à réduire la quantité de liquide utilisé.

Le principal moyen de réduire la quantité de liquide utilisé consiste à le diluer avec de l'eau. Les centres de dégivrage à Montréal et à Toronto ont réduit progressivement la quantité moyenne de liquide nécessaire au dégivrage d'un aéronef en augmentant la dilution. La plus grande dilution possible est limitée par la température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT) du liquide dilué ainsi que la température au moment de l'application. La plupart des solutions sont réalisées à partir d'une sélection de liquides pré-mélangés selon divers taux de dilution, mais le centre de dégivrage à Montréal (Trudeau) a commencé à utiliser un mélange proportionné au distributeur lors de l'hiver 2006-2007. Il y a aussi bien évidemment des avantages logistiques et environnementaux à réduire les

De l'air forcé a également été utilisé à divers endroits, principalement pour souffler le gros de toute accumulation de neige avant de pulvériser du liquide de dégivrage chaud. Éliminer la neige mouillée avec du liquide de dégivrage nécessite de grandes quantités de liquide; voilà pourquoi un nettoyage mécanique peut permettre de réaliser de grandes économies. L'air forcé peut aussi aider à appliquer une couche de liquide d'antigivrage sur une aile dégivrée. Dans ce cas, le film d'air est dirigé sous la pulvérisation du liquide d'antigivrage de manière que le liquide soit transporté plus loin sur l'aile par l'air et déposé doucement, ce qui réduit au minimum l'égouttement.

## Y a-t-il des liquides de remplacement pour le glycol?

Au cours des dernières années, des efforts considérables ont été déployés pour mettre au point des « liquides verts » ne contenant aucun glycol. Certains liquides de dégivrage sans glycol ont été testés et ils se sont révélés conformes à la norme AMS 1424 de la SAE (voir page XX), mais ils présentaient d'autres caractéristiques qui les rendaient impropres à l'utilisation. Un des liquides avait tendance à mousser, ce qui rendait difficile de déceler tout givrage, et un autre laissait des résidus collants inacceptables. Le liquide EcoFlow d'Octagon a reçu l'approbation de la SAE en 2007 et il présente une formulation hybride contenant une quantité réduite de glycol combinée à d'autres additifs antigels.

## Dégivrage à l'infrarouge

Radiant Aviation Services Inc. a construit des installations de

la FAA

Photo : Installation de dégivrage à l'infrarouge  
Source : Radiant Aviation Services Inc.



pour son système ainsi qu'un soutien financier. Le système comprend une grande structure de type hangar ouverte aux extrémités et permettant à l'aéronef de la traverser en roulant; des éléments chauffants radiants sont pointés directement vers le bas sur les surfaces supérieures de l'aéronef et ils se réfléchissent sur le plancher pour dégivrer les surfaces inférieures. Les contaminants fondent, et si la température est de 0 °C ou moins, l'aéronef reçoit alors une légère application de liquide de dégivrage pour éviter que l'humidité résiduelle ne gèle à nouveau. S'il faut seulement éliminer du givre ou du givre blanc de bord d'attaque, alors l'application de liquide de dégivrage n'est pas nécessaire. L'aéronef peut alors faire l'objet d'un antigivrage à l'intérieur de cette structure, conformément aux politiques et aux procédures d'antigivrage standard.

Continental Airlines, à Newark, au New Jersey, utilise ce système depuis 2000, et il semble qu'il ait permis de réduire jusqu'à 90 % l'utilisation du glycol (100 % dans les cas de givre). La durée de nettoyage moyenne de la glace et de la neige pour un aéronef de la taille d'un Boeing 737 est inférieure à sept minutes. C'est au cours de l'hiver 2006-2007 qu'une nouvelle grande installation a été exploitée pour la première fois à JFK, à New-York, et elle pouvait accueillir un Boeing 747. On signale que ce système a bien fonctionné lors de deux graves tempêtes de verglas. L'USAF est en train d'étudier la compatibilité des matériaux et les niveaux d'énergie radiante, et elle envisage une installation modulaire déployable qui pourrait dégivrer un C-17.

### Vapeur tempérée

La Chinook Corporation a mis au point un système de dégivrage – à l'heure actuelle au stade de développement – faisant appel à la chaleur latente<sup>1</sup>

<sup>1</sup> **Chaleur latente** : chaleur absorbée ou dégagée lorsqu'un corps change d'état, comme de l'eau à la vapeur, à température et à pression constantes.



**Figure 1 : Vapeur tempérée** : Une première version de la buse de pulvérisation de vapeur tempérée avant qu'elle soit abaissée sur l'aile givrée. Photo: APS Aviation

de la vapeur pour faire fondre les contaminants (Figure 1). La vapeur est tempérée par son mélange avec de l'air pour limiter les températures en surface et elle est suivie par un jet d'air sec chaud une fois la glace éliminée pour sécher complètement les surfaces et éviter un nouveau givrage. La plupart des essais jusqu'à présent ont été réalisés sur la voilure d'un jet d'affaires, et un essai en 2006 a montré que l'élimination d'une couche de givre comprise entre 0,4 et 1,6 mm sur toute l'aile, suivie d'un séchage complet avait pris 6,7 minutes. Au cours de l'hiver 2007-2008, on procédera à des essais opérationnels pleine grandeur sur divers types d'aéronef ainsi qu'à la mise au point du système pour utilisation sur les entrées d'air des réacteurs à double flux avec l'aide d'Air Canada. Il n'y a aucun jet de liquide haute pression, et l'on prétend qu'il est possible de contrôler très étroitement la température en surface. Cette technique pourrait donc être utilisée sur des surfaces transparentes et des mécanismes critiques, comme les moyeux et les pales d'hélicoptère, ou sur les structures relativement fragiles des avions légers.

### Systèmes de détermination des durées d'efficacité et équivalence en eau liquide

L'article sur la prise de décision du pilote à la page 44 montre comment la détermination finale de la durée d'efficacité et l'évaluation de la conformité sont fonction d'une série de décisions basées sur des données météorologiques souvent imprécises ou périmées, et qu'il est nécessaire

de connaître autant le type que l'intensité de la précipitation. Il en résulte alors des hypothèses prudentes face à la nécessité de recourir à des liquides d'antigivrage et au choix de la bonne durée d'efficacité dans le tableau. De plus, la présentation des tableaux de durées d'efficacité utilisés a été simplifiée pour indiquer une plage de durées en fonction de températures et de taux de précipitation précis, et ils ne font pas état de toutes les capacités d'un liquide pour un ensemble donné de conditions.

Les systèmes en cours de développement au Canada et aux États-Unis sont conçus pour fournir une mesure fréquente de l'équivalence en eau liquide de tout type de précipitation, ainsi que d'autres paramètres, comme le vent et la température, et pour calculer la durée d'efficacité prévue pour les conditions du moment et déterminer le liquide particulier à utiliser. Transports Canada a autorisé l'utilisation expérimentale du système D-Ice montré à la Figure 2 (page 60) aux aéroports de Montréal et de Toronto, laquelle devrait commencer en 2008. Les renseignements obtenus seront communiqués au centre de dégivrage et aux équipes de dégivrage, ainsi qu'au bureau de régulation des vols et directement aux postes de pilotage des avions de Westjet grâce au système de communications, d'adressage et de compte rendu de bord (ACARS).

La FAA et le National Center for Atmospheric Research aux États-Unis, de concert avec United Airlines, travaillent avec un ensemble de capteurs pour générer des comptes rendus en temps réel de l'équivalence en eau liquide et du type de précipitation. C'est au cours de l'hiver 2007-2008 que des installations à Pittsburgh, à Chicago, à Denver et à Minneapolis/St. Paul seront utilisées pour fournir un compte rendu radio toutes les minutes. L'objectif est de parvenir à développer une prévision de « temps de contrôle » qui serait continuellement mise à jour selon les



**Figure 2 :** Système D-Ice expérimental, qui mesure fréquemment l'équivalence en eau liquide des précipitations et d'autres paramètres. Les résultats sont communiqués directement au centre de dégivrage, aux équipes de dégivrage, au bureau de la régulation des vols et à l'équipage de conduite dans le poste de pilotage.

conditions changeantes depuis le début de la pulvérisation, et l'équivalence en eau liquide prévue pour le restant de la durée d'efficacité.

### Systèmes de détection de givrage au sol

Le concept d'« aile propre-avion propre » est fondamental à la réussite du décollage et d'un vol sûr dans des conditions de givrage au sol. Comme le montre l'article sur l'aérodynamique dans la présente publication, même une très petite quantité de givre résiduel sur les surfaces critiques peut avoir un effet catastrophique sur les performances et le pilotage. Des vérifications visuelles et tactiles sont les seuls moyens approuvés pour déceler la présence de givre avant le dégivrage et de contrôler l'intégrité du liquide par la suite afin de déterminer que l'avion est propre. Mais ces vérifications peuvent être exécutées dans des conditions très difficiles d'obscurité et de poudrière. Dans le cadre de l'attention accordée au givrage au sol au cours des deux dernières décennies, l'industrie et des organismes de recherche se sont efforcés de perfectionner et d'utiliser des instruments qui aideraient les équipes au sol et les équipages de conduite dans cette tâche critique.

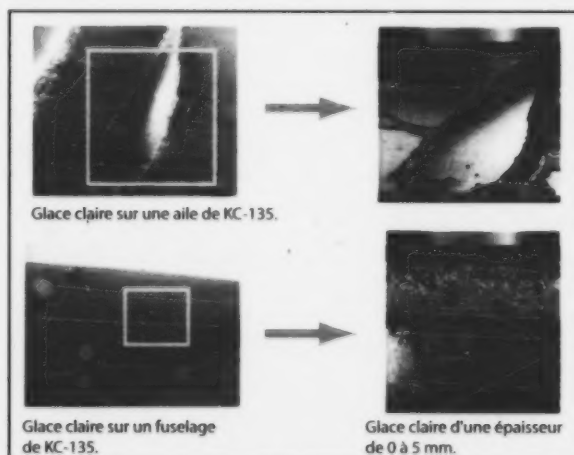
Deux types d'instrument ont été mis au point. Le premier est intégré à l'avion et fournit à un afficheur du poste de pilotage une évaluation de l'état de la surface à un certain nombre de points des surfaces critiques. Ce type d'instrument est particulièrement efficace pour vérifier l'état du liquide

d'antigivrage au cours d'une durée d'efficacité prolongée, mais il est limité aux endroits où sont montés les capteurs. Le deuxième type est conçu pour être monté sur une structure extérieure, dans la nacelle de pulvérisation ou sur un poteau sur le côté de la piste, et il offre une vue étendue de toutes les surfaces critiques au moyen d'images en fausses couleurs pour montrer le givre et son épaisseur. Ce deuxième type d'instrument est appelé système de détection à distance du givrage au sol (ROGIDS). La Figure 3 montre des images typiques du système de MacDonald Dettwiler (anciennement SPAR).

Les fabricants des systèmes de détection de givrage au sol avaient l'impression d'avoir des produits prêts pour le marché il y a de nombreuses années déjà, mais ils ont été contrariés par les arguments émanant de l'industrie quant aux normes auxquelles ils seraient certifiés et aux règles d'utilisation applicables. Certains soutenaient que l'approbation de n'importe quel seuil de détection allait à l'encontre du concept de l'aile propre. Il s'en est suivi que Transports Canada et la FAA ont récemment financé de la recherche visant à quantifier le rendement des

méthodes visuelle et tactile permettant de déceler le givre avec succès. L'objectif consistait à déterminer si le système de détection du givrage au sol offrait une réelle amélioration dans le taux de succès et, de ce fait, la sécurité de l'opération. En septembre 2007, un groupe de travail international a publié une norme (AS 5681 de la SAE) qui est fondée sur cette recherche. Elle définit un seuil de détection de 0,5 mm (0,020 pouce) et d'autres critères d'approbation du système ROGIDS.

À l'heure actuelle, les autorités de réglementation sont à élaborer des documents d'orientation qui définiront comment les systèmes pourront être mis en œuvre. Il semble probable qu'un essai en service de précaution du ROGIDS commencera le plus tôt possible pendant l'hiver 2008-2009 quelque part au Canada, mais pour utilisation après dégivrage seulement. Il pourrait s'écouler passablement de temps avant que le rendement soit éprouvé de façon concluante et que des procédures soient élaborées avant que ces systèmes puissent contribuer à une vérification de la contamination avant décollage. Un développement plus poussé et la commercialisation des « capteurs localisés » de bord sont en attente de la définition d'un rôle spécifique pour ce type de système de détection du givrage au sol dans la série de décisions auxquelles doit faire face l'équipage de conduite. ♦



**Figure 3 :** Exemples d'images fournies par le système ROGIDS.

Image : MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd.

# Glossaire

*Ce glossaire est issu de la publication TP 14052F de Transports Canada et est utilisé avec permission.*

*Les définitions suivantes sont présentées dans le contexte du présent document seulement. Ces définitions n'ont pas pour objet de s'appliquer sans distinction à d'autres documents.*

## Aire de manoeuvre

S'entend d'une partie d'un aérodrome devant servir au décollage et à l'atterrissage des aéronefs et aux manoeuvres au sol, à l'exclusion des aires de trafic.

## Aire de trafic

Partie d'un aérodrome, autre que l'aire de manoeuvre, destinée à l'embarquement et au débarquement des passagers, au chargement et au déchargement du fret, au ravitaillement en carburant, à l'entretien courant, à la maintenance et au stationnement des aéronefs ainsi qu'à tout mouvement d'aéronefs, de véhicules et de personnes affectés à de telles opérations.

## Antigivrage

La procédure d'antigivrage est une procédure de précaution visant à empêcher, pendant une certaine période de temps, la formation de givre, de glace et l'accumulation de neige sur les surfaces traitées d'un aéronef.

L'application d'un liquide abaisseur du point de congélation (liquide cryoscopique) sur une surface, soit après le dégivrage ou en prévision de précipitations hivernales subséquentes, vise à protéger les surfaces critiques de l'adhérence de la glace pour une durée limitée. Le liquide peut absorber des précipitations givrantes ou solides jusqu'à ce que le point de congélation du liquide coïncide avec la température ambiante. Lorsque ce point de congélation du liquide a été atteint, le liquide n'a plus la propriété de protéger l'aéronef des conditions de givrage au sol.

## Bulletins des opérations

Méthode servant à informer officiellement les employés de tout changement aux procédures ou de tout nouveau renseignement ayant trait aux opérations de dégivrage locales.

## Certificat d'exploitant aérien

Certificat délivré conformément au RAC qui autorise le détenteur à exploiter un service aérien commercial.

## Commandant de bord

Pilote responsable, pendant le temps de vol, de l'utilisation et de la sécurité d'un aéronef.

## Concept de l'aéronef propre

Lorsque les opérations au sol sont effectuées dans des conditions de givrage au sol de l'aéronef, il est interdit d'effectuer ou de tenter d'effectuer le décollage d'un

aéronef si du givre, de la glace ou de la neige adhère à toutes surfaces critiques.

## Conditions de givrage au sol

Compte tenu de la température du revêtement de l'aéronef et des conditions météorologiques, des conditions de givrage au sol existent lorsque du givre, de la glace ou de la neige adhère ou pourrait adhérer aux surfaces critiques d'un aéronef.

Un programme approuvé de dégivrage au sol doit préciser la procédure visant à identifier l'existence de conditions de givrage au sol et le début des opérations dans des conditions de givrage au sol.

Des conditions de givrage au sol existent également lorsque des conditions réelles de givre, de gel ou de précipitations de pluie verglaçante sont rapportées ou prévues.

## Contamination

Il s'agit d'une accumulation de givre, de glace, de neige fondante ou de neige sur les surfaces critiques d'un aéronef.

## Dégivrage (givre)

Enlèvement du givre sur les surfaces critiques d'un aéronef et leur protection subséquente.

## Dégivrage (procédure)

Le dégivrage est une procédure qui consiste à enlever le givre, la glace, la neige fondante ou la neige accumulée sur un aéronef afin d'en éliminer la contamination.

Le dégivrage est un terme général pour l'enlèvement de la glace, de la neige, de la neige fondante ou du givre sur les surfaces critiques d'un aéronef, par des moyens mécaniques, par l'utilisation de la chaleur, ou par l'utilisation de liquides réchauffés, ou une combinaison de chacun de ces procédés. Lorsque le givre, la neige ou la glace adhère à une surface, celle-ci doit être chauffée et la méthode de pression par liquide utilisée pour enlever le contaminant.

## Dispositifs de détection de glace au sol (GIDS)

Des dispositifs de détection de glace au sol conçus pour détecter des contaminants gelés sur un aéronef. Ces dispositifs peuvent être installés au sol ou à bord d'un aéronef. Les GIDS peuvent être un système de détecteurs de contamination ou de capteurs ponctuels. S'ils sont approuvés par Transports Canada, de tels

dispositifs peuvent servir comme solution de rechange à d'autres méthodes d'inspection.

### **Durée d'efficacité**

Durée d'efficacité qui consiste en l'estimation de la période de temps au cours de laquelle les liquides de dégivrage/d'antigivrage empêchent avec efficacité la formation de givre, de glace, de neige fondante ou l'accumulation de neige sur les surfaces traitées. Cette période va du début de la dernière application du liquide d'antigivrage jusqu'à ce que le produit ne fasse plus effet, tel que mesuré lors des essais de durée d'efficacité et publié dans les lignes directrices sur les durées d'efficacité des liquides.

### **Durée d'efficacité des liquides**

Les durées d'efficacité des liquides d'antigivrage sont mesurées en laboratoire et lors d'essais sur le terrain dans des conditions de contamination et de température spécifiques à l'aide de plaques d'aluminium d'avion planes en conformité aux documents AMS 1424 et 1428 de la SAE. Ces essais visent à démontrer la perte d'efficacité des liquides durant les opérations de givrage au sol des aéronefs.

### **Employés de première ligne**

Employés ayant reçu une formation qui sont responsables du dégivrage, de l'antigivrage et des inspections de contamination d'un aéronef.

### **Essai d'acceptabilité sur le plan dynamique**

Essai de laboratoire afin de déterminer la température minimale à laquelle les liquides possèdent des caractéristiques aérodynamiques acceptables lorsqu'ils s'écoulent des surfaces portantes lors de l'accélération au décollage et de la montée.

### **Essai d'endurance dans des conditions d'humidité élevées (HHET).**

Essai de laboratoire qui permet de mesurer les durées d'efficacité du liquide antigivrage dans des conditions d'humidité élevées. Cet essai vise à simuler des conditions de givre.

### **Essai normalisé d'endurance sous précipitation givrante (WSET)**

L'essai normalisé d'endurance sous précipitation givrante (WSET) est un essai de laboratoire qui mesure la durée d'efficacité des liquides d'antigivrage sous une faible précipitation givrante. Cet essai sert à classer et à certifier les liquides selon les spécifications pour matériaux aérospatiaux (AMS) de la SAE.

### **Exploitant aérien**

Titulaire d'un certificat d'exploitation d'un service aérien.

### **Fiche technique**

Une fiche technique est une liste maîtresse qui renferme les signatures et les paraphes des employés. Les noms des employés nouvellement embauchés y sont ajoutés, une fois qu'ils ont reçu leur formation. Le

but de la fiche technique est de comparer les signatures ou paraphes des employés avec ceux qui figurent au Registre des changements de procédures et à d'autres documents officiels, et par le fait même la validité de l'entrée.

### **Fournisseur de services**

Organisation qui assure la prestation des services de dégivrage/d'antigivrage aux exploitants aériens à un endroit donné. Le fournisseur de services peut être une tierce partie qualifiée, un autre transporteur aérien ou l'exploitant aérien. Le fournisseur de services doit offrir un service conformément au programme de dégivrage au sol approuvé par l'exploitant aérien où un tel programme existe.

### **Gelée blanche**

La gelée blanche est un mince dépôt uniforme d'aspect cristallin qui se forme sur des surfaces exposées au cours d'une nuit calme et sans nuages lorsque la température descend au-dessous du point de congélation et que l'humidité de l'air à la surface se rapproche du point de rosée. Ce phénomène n'est pas lié aux précipitations. Le dépôt est suffisamment mince pour que l'on puisse distinguer les caractéristiques de la surface sous-jacente telles que les chaînes de peinture, les marques ou le lettrage.

### **Glace**

Forme solide de l'eau. La glace est souvent difficile à détecter visuellement sur les surfaces critiques d'un aéronef. Elle peut être transparente, ce qui peut donner l'impression que les surfaces critiques de l'aéronef sont mouillées.

### **Icehouse**

Centre de contrôle spécialement équipé, situé dans l'installation centrale de dégivrage, pour contrôler et surveiller toutes les opérations associées à l'installation.

### **Granules de glace**

Type de précipitation composée de granules de glace transparents ou translucides, de 5 mm de diamètre ou moins.

Ils peuvent être sphériques, irréguliers ou, plus rarement, de forme conique. Les granules de glace rebondissent habituellement lorsqu'ils tombent sur un sol dur et émettent un bruit au moment de l'impact.

### **Granules de neige**

Précipitations sous forme de petits grains de glace blancs ou opaques. Ces grains sont sphériques ou parfois coniques, et leur diamètre varie de 2 à 5 mm. Ces grains sont fragiles et ils s'écrasent facilement. Ils rebondissent et se cassent sur un sol durci.

### **Grêle**

Précipitation sous forme de petites billes ou de petits morceaux de glace dont le diamètre varie de 5 mm à plus de 50 mm et qui tombent soit séparément soit agglomérés les uns aux autres.



## Imprégnation par le froid

Du givrage peut même se former lorsque la température ambiante (OAT) est bien au-dessus de 0 °C (32 °F). Le carburant d'un aéronef équipé de réservoirs de carburant situés dans les ailes peut être à une température suffisamment basse de manière à abaisser la température du revêtement de la voilure sous le point de congélation. Si un aéronef vole à haute altitude où prévalent des températures froides pendant une certaine période, les principaux composants de l'aéronef comme les ailes, la queue et le fuselage s'adapteront à la basse température qui sera souvent sous le point de congélation. Ce phénomène est connu comme phénomène d'imprégnation par le froid.

Au sol, l'aéronef imprégné par le froid peut être la cause de la formation de givre lorsque l'eau liquide, provenant de la condensation de l'atmosphère ou sous forme de pluie, entre en contact avec les surfaces critiques.

## Inspection de contamination avant le décollage

Inspection effectuée par une personne qualifiée, immédiatement avant le décollage, afin de déterminer si les surfaces critiques de l'aéronef sont contaminées par le givre, la glace, la neige fondante ou la neige. Dans certains cas, cette inspection est obligatoire.

## Inspection des surfaces critiques

Inspection externe avant vol effectuée par une personne qualifiée conformément au paragraphe 602.11(5) de la partie VI du RAC visant à déterminer si les surfaces critiques sont contaminées par le givre, la glace, la neige ou la neige fondante. Cette inspection est obligatoire dans des conditions de givrage au sol et, si l'aéronef est dégivré/antigivré avec du liquide, elle doit se tenir immédiatement après la dernière application de liquide ou au terme du processus lorsqu'une méthode alternative approuvée de dégivrage est utilisée. Après l'inspection, un rapport produit par une personne qualifiée doit être présenté au commandant de bord.

## Inspection tactile

Une inspection tactile exige qu'une personne touche physiquement les surfaces critiques d'un aéronef. Dans certaines circonstances, une inspection tactile peut s'avérer le seul moyen de confirmer que les surfaces critiques d'un aéronef ne portent aucune trace de contamination. Dans le cas de certains aéronefs, les inspections tactiles sont obligatoires, dans le cadre du processus d'inspection de dégivrage et d'antigivrage, pour s'assurer que les surfaces critiques sont exemptes de contaminants gelés.

## Installation centrale de dégivrage (CDF)

Une installation approuvée par Transports Canada à un aéroport dans le but d'effectuer des opérations de dégivrage et d'antigivrage.

## Installation de dégivrage de l'aérogare

S'entend d'une installation de dégivrage d'un ou

plusieurs aéronef(s) se trouvant à l'aérogare ou à proximité ou à d'autres endroits où l'on procède habituellement au chargement des aéronefs.

## Installation de dégivrage des aéronefs

Signifie une installation où :

1. le givre, la neige ou la glace est enlevée (dégivrage) d'un aéronef en vue de nettoyer les surfaces;
2. les surfaces critiques de l'aéronef reçoivent une protection (antigivrage) contre la formation de givre ou de glace, ou l'accumulation de neige ou de neige fondante pour une durée limitée;
3. l'on considère entreposer les liquides et l'équipement de maintenance; atténuer les incidences sur l'environnement; ou s'en servir comme centre de contrôle.

## Lignes directrices sur les durées d'efficacité

On appelle les tableaux de durée d'efficacité « lignes directrices sur les durées d'efficacité » parce que cette expression représente mieux leur rôle, qui consiste à fournir des indications à l'équipage de conduite, et parce que ce dernier doit exercer son jugement pour bien interpréter ces durées d'efficacité.

Les durées d'efficacité des liquides, telles que publiées par Aviation commerciale et d'affaires de Transports Canada sont présentées sous forme de tableaux identifiés « Lignes directrices sur les durées d'efficacité » et peuvent servir de lignes directrices ou de critères de décision pour évaluer s'il est possible de procéder à un décollage en toute sécurité. Lorsqu'on utilise les tableaux des durées d'efficacité comme critères de décision, la valeur-temps la moins élevée indiquée dans une cellule doit être utilisée. Les procédures à suivre après que les durées d'efficacité sont échues doivent être bien documentées. L'utilisation des lignes directrices sur les durées d'efficacité est obligatoire, si elles font partie du programme de dégivrage au sol approuvé par l'exploitant aérien.

## Méthode de dégivrage à air forcé

Méthode de dégivrage qui consiste à souffler de l'air sous pression pour enlever les contaminants gelés d'un aéronef. Cette méthode peut être utilisée conjointement avec les liquides de dégivrage.

## Méthode de dégivrage à l'aide de rayonnement ultraviolet

Méthode de dégivrage utilisant l'énergie thermique infrarouge.

## Méthodes de dégivrage/d'antigivrage à l'aide de liquides

Il s'agit des méthodes acceptables d'utilisation des liquides pour l'enlèvement des contaminants gelés sur les surfaces critiques d'un aéronef, et également utilisées pour la prévention de la formation et/ou de l'accumulation des contaminants sur un aéronef

pour une durée limitée. L'ARP 4737 de la Society of Automotive Engineers (SAE) : « Aircraft deicing/anti-icing Methods » renferme plus de détails.

### **Neige en grains ou poudrierie**

Précipitation formée de très petits grains de glace blancs et opaques. Ces grains sont passablement plats et allongés; leur diamètre est de moins de 1 mm. Lorsqu'ils tombent sur le sol durci, ils ne rebondissent pas ou ne se cassent pas.

### **Neige fondante**

Neige ou glace partiellement fondue, à teneur élevée en eau, dont l'eau peut facilement s'écouler.

Dans un environnement de givrage au sol, la neige fondante peut contenir des produits chimiques.

### **Perte d'efficacité des liquides**

En général, dans le cas de la neige, une couche de neige s'accumule éventuellement sur la surface du liquide et n'est plus absorbée par le liquide. L'apparence d'accumulation devient évidente. Il s'ensuit une disparition de l'aspect glacé ou brillant de la surface du liquide. Dans le cas de précipitation givrante, habituellement il en résulte seulement une diminution de l'aspect brillant ou glacé sur la surface du liquide et elle est particulièrement difficile à détecter.

### **Pluie verglaçante**

Gouttelettes de pluie qui gèlent immédiatement au contact des structures ou des véhicules.

### **Point de congélation d'un liquide**

Point auquel un mélange de liquides est dilué suffisamment pour geler.

### **Poste d'accueil**

Une zone réservée qui se trouve à l'arrière de chaque poste de dégivrage et qui y est adjacente, où l'aéronef attend de recevoir l'autorisation d'entrer dans l'aire de dégivrage.

### **Poste de dégivrage des aéronefs**

La zone désignée d'une installation de dégivrage des aéronefs devant être utilisée pour le stationnement d'un aéronef afin de procéder à des activités de dégivrage ou d'antigivrage, comportant une aire intérieure pour le stationnement d'un aéronef qui doit recevoir un traitement de dégivrage/d'antigivrage. Dans une installation centrale de dégivrage, le poste de dégivrage des aéronefs comprend également une aire extérieure permettant la circulation des véhicules de dégivrage (zone sécuritaire). L'aire extérieure prévoit que le dégagement de la voie de circulation soit suffisamment large pour permettre aux véhicules de dégivrage d'exécuter les opérations de dégivrage en toute sécurité.

### **Programme de dégivrage au sol**

Un programme de dégivrage au sol présente un ensemble de procédures, de lignes directrices et

de méthodes, tirées de manuels, visant à s'assurer que l'aéronef d'un exploitant aérien ne décolle pas lorsque du givre, de la glace, de la neige ou de la neige fondante adhère aux surfaces critiques. Ce programme est obligatoire dans le cadre des opérations auxquelles fait référence la sous-partie 705 du RAC et doit être approuvé par Transports Canada.

### **Rapport d'inspection de contamination avant le décollage**

Ce rapport doit être présenté au commandant de bord et doit décrire la façon dont l'inspection a été effectuée. Le rapport doit aussi confirmer que toutes les surfaces critiques sont exemptes de contamination.

### **Rapport d'inspection sur les surfaces critiques**

Ce rapport doit être présenté au commandant de bord et, s'il y a lieu, indique l'heure à laquelle la dernière application complète de liquide de dégivrage ou d'antigivrage a commencé, le type de liquide utilisé, le dosage du mélange de liquides. L'ordre dans lequel les surfaces critiques ont été dégivrées ou antigivrées doit également y être mentionné. De plus, le rapport doit confirmer que toutes les surfaces critiques sont exemptes de contamination.

### **Surfaces critiques**

« Surfaces critiques » s'entend des ailes, gouvernes, rotors, hélices, partie arrière du fuselage de l'aéronef dans le cas des aéronefs avec moteur monté à l'arrière, stabilisateurs, plans fixes verticaux ou toute autre surface stabilisatrice de l'aéronef.

### **Surfaces représentatives**

Les surfaces représentatives d'un aéronef sont les surfaces qui peuvent être facilement et directement observables à partir du poste de pilotage durant le jour et la nuit, de manière à pouvoir déterminer si ces surfaces critiques sont contaminées ou non. L'examen de l'une ou de plus d'une surface représentative peut s'effectuer lors de l'inspection de contamination avant le décollage; si un examen tactile n'est pas requis. Transports Canada doit approuver l'utilisation de ces surfaces critiques d'un aéronef.

### **Taux de précipitation**

Taux servant à mesurer ou à évaluer les précipitations. Les précipitations hivernales sont un facteur déterminant dans l'évaluation des durées d'efficacité d'un liquide antigivrage puisqu'elles indiquent la teneur en humidité.

### **Temps de vol**

Le temps calculé à partir du moment où l'aéronef commence à se déplacer par ses propres moyens en vue du décollage, jusqu'au moment où il s'immobilise à la fin du vol.

### **Voie de circulation**

S'entend d'une voie définie sur un aéroport terrestre, choisie ou aménagée pour la circulation au sol des aéronefs et prévue pour assurer la liaison entre les deux parties de l'aéroport. ♦